

**Evaluación de buenas prácticas ambientales para los Procesos de Curtido de
Piel en la Cuenca Alta del Río Bogotá, Municipio de Villapinzón**

Juan Pablo Varela Polanco

Juan Gabriel Babosa Bolívar

Nelcy Mariana Torres Ducón

Facultad de Ciencias y Tecnología, Universidad Santo Tomás

Especialización en Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas

Opción De Grado

Dra. Martha Custodia Lamprea Zona

Julio de 2025

Tabla de Contenido

1	INTRODUCCIÓN	9
2	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	12
3	OBJETIVOS	16
3.1	OBJETIVO GENERAL	16
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
4	PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	17
5	JUSTIFICACIÓN	18
6	VIABILIDAD.....	21
7	MARCO TEÓRICO	22
7.1	MARCO LEGAL	25
7.2	MARCO CONCEPTUAL	31
7.2.1	<i>Proceso de Curtido de Piel</i>	32
7.2.2	<i>Descripción del Proceso de Curtido</i>	35
7.3	MARCO CONTEXTUAL	36
7.3.1	<i>Antecedentes</i>	36
7.3.2	<i>Ubicación espacial y temporal</i>	38
7.3.3	<i>Factores socioeconómicos y ambientales</i>	40
7.3.3.1	<i>Socioeconómico</i>	40
7.3.3.2	<i>Ambiental</i>	41
7.3.4	<i>Relación con el problema de Investigación</i>	42
7.3.5	<i>Desarrollo Sostenible, Sostenibilidad Ambiental, Consumo y Producción Sostenibles</i>	44

7.3.6	<i>Estrategias de producción más limpia</i>	47
7.3.6.1	Buenas prácticas	48
7.3.6.2	Estrategias de Control	49
7.3.6.2.1	<i>Tratamiento de agua residual en las industrias de curtiembres.</i>	49
7.3.6.2.2	<i>Manejo de los residuos sólidos generados en las industrias de curtiembres.</i>	50
7.3.6.3	Uso eficiente del agua y la energía	52
8	METODOLOGÍA.....	54
8.1	PRIMERA FASE.....	54
8.2	SEGUNDA FASE.....	54
8.2.1	<i>Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)</i>	55
8.3	TERCERA FASE	58
9	DESARROLLO.....	59
9.1	IDENTIFICACIÓN DE PROCESOS QUE CAUSAN IMPACTO.....	59
9.2	ANÁLISIS DE RESULTADOS	66
9.3	BUENAS PRÁCTICAS AMBIENTALES	70
9.3.1	<i>Implementación de la RSE</i>	70
9.3.2	<i>Proceso de recirculación</i>	70
9.3.3	<i>Ecotecnología</i>	73
9.3.4	<i>Integración de procesos</i>	73
9.3.5	<i>Biorremediación</i>	75
9.4	MODELO SUGERIDO A IMPLEMENTAR	76
9.4.1	<i>Modelo de Donna Wood</i>	76
9.4.2	<i>Pirámide de Carroll</i>	76

10	CONCLUSIONES.....	82
11	RECOMENDACIONES	85
12	REFERENCIAS	86

Tabla de ilustraciones

Ilustración 1	Vertimiento directo río Bogotá - Curtiembre la esperanza	15
Ilustración 2	Normativa Vigente Ambiental en Colombia.....	31
Ilustración 3	Proceso de transformación de piel a Cuero por Etapas	34
Ilustración 4	Descripción Proceso de Curtido	36
Ilustración 5	Mapa de Villapinzón	38
Ilustración 6	Mapa Río Bogotá	39
Ilustración 7	Buenas prácticas	48
Ilustración 9	Identificación de impactos en curtido de cuero.....	63
Ilustración 10	Proceso de recirculación.....	72

Tabla de tablas

Tabla 1 Ilustración de residuos sólidos en el subsector de curtiembres y tenerías	51
Tabla 2 Criterios de evaluación de impactos Ambientales	55
Tabla 3 Matriz de cálculo de importancia ambiental	57
Tabla 4 Rango de importancia ambiental.....	58
Tabla 5 Cantidad de agua residual y carga de contaminación generados por cada etapa durante el proceso de curtido de una tonelada de cuero	60
Tabla 6 Identificación de etapas que causan impacto en el proceso de curtido al cromo y agentes vegetales.....	61
Tabla 7 Matriz de Aspectos e Impactos Ambientales Curtido con Cromo.....	64
Tabla 8 Matriz de Aspectos e Impactos Ambientales Curtido Vegetal	65
Tabla 9 Ahorro respecto al uso de químicos.....	72
Tabla 10 Principios comparativos de los modelos de RSE.....	78

Resumen

El presente trabajo de investigación aborda la problemática persistente derivada del proceso de curtido de pieles, específicamente en el municipio de Villapinzón y su área de influencia. Esta actividad productiva subraya la urgente necesidad de tecnologías o estrategias que se integren de manera eficiente en los procesos de producción. El objetivo es armonizar los diversos servicios eco sistémicos que ofrece la cuenca alta del río Bogotá con las necesidades socioeconómicas propias del municipio de Villapinzón.

Para ello, la metodología empleada incluyó una exhaustiva revisión documental de referentes nacionales e internacionales en el análisis de procesos productivos y la evaluación de sus impactos ambientales. De esta forma, este trabajo expone la situación actual de la industria del curtido, identifica los impactos ambientales inherentes a estos procesos y analiza cómo la Responsabilidad Social Empresarial (RSE) puede contribuir a la optimización del proceso, todo ello en el contexto específico de Villapinzón.

PALABRAS CLAVE: Contaminación hídrica, Cuenca alta del río Bogotá, Curtido de pieles, Desarrollo sostenible, Impacto ambiental, Industria curtidora, Normativa ambiental, Procesos productivos, Responsabilidad Social Empresarial (RSE), Villapinzón.

Abstract

This research endeavor addresses the persistent challenges stemming from the leather tanning process, specifically within the municipality of Villapinzón and its area of influence. This productive activity underscores the urgent necessity for technologies or strategies that can be efficiently integrated into production processes. The objective is to harmonize the diverse ecosystem services provided by the upper Bogotá River basin with the socio-economic needs inherent to the municipality of Villapinzón.

To this end, the methodology employed encompassed a comprehensive documentary review of national and international benchmarks in the analysis of production processes and the evaluation of their environmental impacts. Consequently, this paper elucidates the current status of the tanning industry, identifies the environmental impacts inherent in these processes, and analyzes how the incorporation of Corporate Social Responsibility (CSR) can contribute to process optimization, all within the specific context of Villapinzón.

1 Introducción

El proceso de curtido de pieles para la fabricación de cueros de alta calidad a nivel mundial, se ha caracterizado por ser una industria de gran incidencia para la economía mundial. De acuerdo con esto, países como Italia, India y China han desarrollado tecnologías y estrategias que les han permitido posicionarse como potencias dentro de la producción de productos de cuero; industria que de acuerdo con Business Research Insights (2025) alcanzó un valor de 34.250 millones de dólares.

De igual forma, para Colombia, es fuertemente conocida la problemática que genera dicho proceso de producción dentro de los ecosistemas que lo rodean, la poca disponibilidad de tecnologías y la poca implementación de procesos adecuados para la optimización del proceso de curtido ha generado la necesidad de plantear desarrollos artesanales poco efectivos al momento de la producción, aportando insuficiente control a la pureza del proceso y la protección del medio ambiente.

Para el municipio de Villapinzón, el proceso de curtido de pieles se ha consolidado como una de las principales actividades económicas de la región, contribuyendo significativamente a la estabilidad socioeconómica local. No obstante, esta actividad también ha generado un impacto ambiental considerable, convirtiéndose en una de las principales fuentes de contaminación en la cuenca alta del río Bogotá, de esta forma, la excesiva carga de material orgánico, la incorporación de metales pesados y otros compuestos químicos, han desestabilizado la regulación ambiental de la cuenca afectando principalmente la disponibilidad y calidad del recurso hídrico (Martínez & Romero, Revisión del estado actual de la Industria de las curtiembres en sus procesos y productos, 2016). Este hecho lleva a los autores del presente documento a plantear la necesidad de diseñar estrategias técnicas y/o tecnológicas orientadas a promover la sustentabilidad de esta actividad

económica. Y de esta forma garantizar un equilibrio entre la conservación de los servicios ecosistémicos de la cuenca y la satisfacción de las necesidades sociales y económicas de la región.

De acuerdo a esto, se hace necesario plantear alternativas que permitan mejorar los procesos productivos de las industrias, tanto legalmente constituidas como las que no, pues, la implementación de las actuales estrategias no es suficiente para la estabilización de la cuenca alta del río Bogotá, según García (2018) las empresas establecidas de curtiembres que cuentan con autorizaciones ambientales para el vertimiento de aguas dentro de la cuenca, han presentado valores de contaminación cercanos a los máximos permisibles por la norma, hecho que garantiza el control y regulación de vertimientos y carga contaminante dentro del ecosistema, por otro lado aquellas industrias no establecidas que incumplen la norma, afectan directamente el normal desarrollo de la actividad y de todo el entorno.

En este sentido, lo expuesto anteriormente sienta las bases para evaluar diversas alternativas orientadas al desarrollo sostenible de la producción de cueros. Al mismo tiempo, evidencia la necesidad de proteger el ecosistema que rodea esta industria, especialmente considerando las problemáticas actuales relacionadas con la disponibilidad de recursos en la región. Esta situación plantea la posibilidad de adoptar una perspectiva independiente que contribuya a solucionar la problemática identificada, integrando distintas referencias y enfoques que promuevan un equilibrio adecuado entre el ecosistema de la cuenca alta del río Bogotá y las comunidades que dependen de él.

Este trabajo se llevó a cabo a partir del análisis de diversas referencias relacionadas con los impactos que ha tenido la implementación de procesos de responsabilidad social empresarial en distintas industrias, tomando como base modelos teóricos como el de Donna Wood y la pirámide de Carroll.

De acuerdo con la metodología empleada en este trabajo, la revisión documental de diversas fuentes permite analizar la situación actual de la industria del curtido de pieles. Esta evaluación considera las condiciones de producción vigentes, tanto a nivel nacional como internacional, tomando como referencia países que presentan características similares a las del municipio de Villapinzón.

La identificación del proceso productivo actual y la posterior identificación de los principales impactos ambientales generados en el caso particular de Villapinzón permiten abordar de manera adecuada la evolución de la Responsabilidad Social Empresarial (RSE) en este proceso. Esto facilita la implementación de estrategias específicas para el caso de estudio.

2 Planteamiento del Problema de Investigación

En la cuenca alta del río Bogotá, específicamente en los municipios de Villapinzón y Chocontá, se desarrolla una de las industrias más perjudiciales para el medio ambiente: la conversión de pieles en cuero. Esta actividad tiene efectos graves sobre la contaminación del agua y el ecosistema circundante.

Para realizar el curtido de pieles, se requiere del uso de recursos naturales y energía, produciendo desechos sólidos, líquidos, gases y emisiones de malos olores; lo que contribuye a la contaminación del agua y del aire. Una vez que las pieles llegan a la curtiembre, los desechos originados por la limpieza se constituyen en un alto volumen de residuos orgánicos que originan olores muy intensos. Estos desechos son vertidos a cuerpos de agua cercanos sin tratamiento previo, provocando la disminución de la capacidad de asimilación del cauce receptor y la destrucción del ecosistema acuático. Con altas cantidades de salmuera, productos innobles y líquidos es vertida a los ríos, causando la disminución de oxígeno en el agua, originando el fenómeno conocido como eutrofización del agua y emitiendo gases con malos olores (Gomez & Rubiano, 2024)

La contaminación del agua es un problema ecológico que impacta no solo la zona donde ocurre el vertido, sino también las áreas adyacentes, incluyendo el entorno territorial, cultural, económico, social y ambiental.

El curtido de pieles se ha convertido por muchos años en una de las actividades productivas y fuente de ingreso para las familias que viven sobre la cuenca del Río Bogotá, al mismo tiempo es una de las que mayor problemática ha generado sobre el ambiente, salud y fuentes hídricas. Ya que los procesos de curtido utilizan sustancias químicas contaminantes cuyas aguas residuales acaban vertiéndose en la cuenca del río Bogotá. De acuerdo con la Corporación Autónoma

Regional de Cundinamarca CAR, en la zona de Villapinzón, el río tiene un caudal de $0.38 \text{ m}^3/\text{s}$, una DBO de $3.10 \text{ mg O}_2/\text{l}$ y un nivel de oxígeno disuelto de $6.86 \text{ mg O}/\text{l}$, reflejando los impactos de los vertimientos del sector de los curtidos (Alvarez, 2023).

El 28 de marzo de 2014, el Consejo de Estado emitió un fallo que estableció una política de protección de los recursos naturales del río Bogotá, sus quebradas y afluentes. Se fijó un plazo máximo de tres años para implementar un plan integral de recuperación y saneamiento de la cuenca, con el objetivo de lograr su descontaminación definitiva. Esto incluyó medidas como la reubicación de las industrias curtidoras ubicadas sobre la ronda del río y el cierre de aquellas que no cumplieran con la normativa ambiental. Ante esta situación, la industria del cuero tuvo que empezar a integrar consideraciones ambientales en sus estrategias para mejorar la productividad y fomentar la sostenibilidad, mientras que las autoridades competentes debían ejercer un control más estricto sobre los procesos industriales (Sanchez & Ramirez, 2016).

Para algunos curtidores, modificar sus métodos tradicionales de trabajo con el cuero no es una opción, como lo demuestran los operativos llevados a cabo por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, CAR. En 2015, la Procuraduría General de la Nación señaló que los sistemas de tratamiento eran inadecuados para reducir la carga contaminante del río Bogotá. Además, destacó la necesidad de actualizar el censo industrial de los municipios, la presencia de conexiones incorrectas en el alcantarillado, la falta de fondos para construir sistemas de tratamiento municipales y la ineficiencia en la recolección de residuos.

En Villapinzón, el Esquema de Ordenamiento Territorial, (Alcaldía Municipal de Villapinzón, 2020), tiene como objetivo principal implementar sistemas para reducir la contaminación en las fuentes de agua y aire, especialmente la generada por las industrias de curtiembres. Sin embargo, según el artículo 46 sobre el uso de la estructura ecológica urbana, los

vertimientos se consideran permitidos si no afectan el cuerpo de agua ni se realizan en los nacimientos de los ríos. No obstante, esta normativa no se cumple, ya que la comunidad local ha observado cambios en el color del agua, malos olores y la presencia de espuma en el río Bogotá.

La Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR, 2022) solicitó a los curtidores que gestionen de manera adecuada los residuos sólidos generados durante este proceso. Según la CAR, estos desechos son altamente contaminantes, por su contenido de metales pesados que perjudican los suelos y las fuentes de agua. También advirtieron que representan un peligro para la salud de las personas y los animales, tanto salvajes como domésticos que puedan entrar en contacto con el agua o el pasto contaminado, ya que se han encontrado residuos de este tipo abandonados en terrenos, canteras y las riberas de las quebradas en las áreas rurales de Chocontá y Villapinzón

Según la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR, 2016), en los municipios de Villapinzón y Chocontá operan 110 empresas curtidoras, de las cuales menos del 70% están certificadas y funcionan de acuerdo con la ley. La operación ilegal de algunas curtiembres representa una fuente significativa de contaminación para el río Bogotá. Un ejemplo de esta situación se muestra en la Ilustración 1, donde se evidencia el vertimiento directo de residuos provenientes de la curtiembre *La Esperanza* al cauce del río. Para contrarrestar esto, la CAR ha estado trabajando con los productores locales para que regularicen sus operaciones y puedan desarrollarse de manera responsable con prácticas más sostenibles, sin perjudicar la recuperación del río.

Ilustración 1 *Vertimiento directo río Bogotá - Curtiembre la esperanza*



Fuente CAR,2016

Teniendo en cuenta la problemática mencionada, se realiza la presente investigación sobre la evaluación de prácticas ambientales que se generan dentro del proceso productivo comparando esta, con las nuevas propuestas nacionales e internacionales que permiten salvaguardar la estabilidad de los recursos y mejorar el desarrollo de las comunidades generando valor agregado en el producto final.

3 Objetivos

3.1 Objetivo General

Evaluar las buenas prácticas dentro los procesos de curtido de pieles, mediante el diagnostico de prácticas sostenibles que mitiguen el impacto ambiental producido sobre la cuenca alta del Río Bogotá en el municipio de Villapinzón.

3.2 Objetivos Específicos

- Identificar los impactos ambientales, generados por el proceso de curtido de pieles dentro de la cuenca alta el río de Bogotá.
- Analizar impactos ambientales, generados por el proceso de curtido de pieles dentro de la cuenca alta el río de Bogotá.
- Comparar las buenas prácticas ambientales con referentes nacionales e internacionales en el proceso de curtido de pieles dentro de la cuenca alta del río Bogotá

4 Preguntas de Investigación

Durante la continua evolución que ha venido presentando el proceso de curtido de pieles, y de acuerdo con los grandes impactos ambientales que estos han generado durante el desarrollo de sus procesos, la necesidad de inclusión de buenas prácticas ambientales junto con la innovación de nuevas tecnologías se ha evidenciado en una mayor escala, siendo así, y de acuerdo con Báez (2002), la implementación de las nuevas tecnologías y de buenas prácticas ambientales asociadas a los procesos de curtido de pieles, se han visto impulsadas de manera nacional e internación, lo cual, ha permitido generar diversas soluciones en distintos contextos, lo que contribuye de manera efectiva en la mitigación de los impactos asociados a estos procesos.

Por este motivo, la presente investigación evaluó los distintos impactos ambientales a los que se enfrenta la cuenca alta del río Bogotá y las tecnologías disponibles en la actualidad que permiten promover de manera sostenible y respetuosa con el medio ambiente la actividad del curtido de pieles como pilar de desarrollo para la comunidad de Villapinzón.

- ¿Cuál es la afectación generada por el proceso de curtido de pieles dentro de la cuenca alta el río de Bogotá?
- ¿Cuáles prácticas ambientales minimizarían los impactos ambientales en los procesos de producción de cuero en las curtiembres de Villapinzón en el marco del desarrollo sostenible?

5 Justificación

Mediante la presente investigación, y conforme a lo planteado por los autores, los objetivos se enfocaron en la identificación y análisis de los impactos ambientales presentados dentro de los procesos de curtido de pieles en el municipio de Villapinzón, Cundinamarca, evaluando las distintas innovaciones tecnológicas en conjunto con la implementación de buenas prácticas ambientales que se han venido desarrollando en la industria a nivel nacional e internacional.

Con base en lo anterior, la necesidad e importancia de la investigación radican en la urgencia de proteger los ecosistemas mediante la mitigación de los diversos impactos identificados. Este enfoque permitió proponer alternativas de sustentabilidad aplicables a los procesos industriales involucrados, con el fin de garantizar, a su vez, una adecuada calidad de vida para las comunidades asentadas en la cuenca.

Como dato relevante para la necesidad de la investigación, de acuerdo con el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2023), el desarrollo de estrategias de análisis, con respecto a la identificación de los principales problemas ambientales que afectan al país, en conjunto a la definición de metas claras y objetivas, permiten desarrollar gestiones sostenibles más apropiadas, las cuales generen medidas concretas de implementación en las zonas de interés.

Para el desarrollo de la presente investigación, por parte de los autores, se acudió a la revisión bibliográfica, tanto a nivel nacional como internacional, de modo tal, que fue posible obtener visiones generales más acertadas en cuanto a la problemática en estudio y de igual forma su posible solución dentro del territorio.

Por otro lado y también como factor determinante para el desarrollo de la investigación, la interpretación de informes y artículos publicados por parte de las principales instituciones públicas especializadas en el tema que aborda la investigación, se hará relevante, siendo así, los distintos

aporte realizados por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, la Agencia Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) y demás interesados, aportaran de manera significativa al cumplimiento de los objetivos establecidos.

De igual forma, la revisión de las distintas opiniones dadas por los empresarios del sector curtiembres y las organizaciones de productores de dichos insumos, fueron relevantes dentro de la investigación, ampliando el conocimiento en cuanto al contexto que se desarrolla en la zona de estudio para la investigación, de esta forma la ampliación del conocimiento expresado desde distintos puntos de vista, permitió establecer una investigación imparcial, en todos los aspectos abordados.

Siendo así, y de igual relevancia, los desarrollos internacionales que se han identificado dentro del proceso productivo del curtido de pieles, por organizaciones como la Organización de las Naciones (ONU) y la Unión Internacional para la Conservación de la naturaleza (UICN), permitieron evaluar las tecnologías más apropiadas e innovadoras para la protección de los servicios ecosistémicos de la cuenca en estudio.

De esta forma, la presente investigación permitió ampliar el conocimiento existente sobre la problemática que afecta a la cuenca alta del río Bogotá. Este análisis facilitó a los autores del estudio la construcción de un punto de referencia para la identificación de posibles soluciones aplicables en la zona de incidencia. Como resultado, se generaron propuestas de alternativas institucionales que se ajustan de manera más adecuada a las diversas necesidades de las comunidades locales.

Ahora bien, en conjunto a la presente investigación se da a conocer de manera organizada y clara, las distintas problemáticas y conflictos que ocurren en la cuenca de estudio y la forma que

estos han sido relevantes en el comportamiento de la biodiversidad propia de la cuenca y sus principales causas, por este motivo la presente investigación es de gran relevancia para el desarrollo sostenible de la actividad del curtido de pieles, puesto que la capacidad propia que generara la investigación promueve a la sustentabilidad del proceso industrial, contribuyendo a un equilibrio entre aspectos económicos y ambientales.

6 Viabilidad

Se realizó el estudio de viabilidad que permitió al proyecto predecir el éxito de la toma de decisiones y acciones a realizar en beneficio de la cuenca hídrica del río Bogotá desde las prácticas sostenibles que mitiguen el impacto ambiental. Se tienen en cuenta los aspectos y características técnicas, económicas, sociales y ambientales que permiten dar luz a la realización de este proyecto.

Si bien, el proceso de curtido de pieles se ha desarrollado como una actividad económica, la evolución de dicha actividad se ha convertido en un fenómeno de contaminación ambiental en dicha cuenca, por lo que gestar practicas sostenibles, resulta como respuesta efectiva a la mitigación ambiental, generando una conciencia de cuidado y conservación ambiental que permite dentro de la ejecución de esta actividad económica, el menor impacto negativo sobre el ambiente, priorizando el bienestar y desarrollo de la población que allí habita.

Es así, que de acuerdo con The Confederation of National Associations of Tanners and Dressers of the European Community COTANCE (2020), se ha demostrado la adecuada aplicabilidad de la norma ISO 14000 dentro de la industria del cuero, evidenciando el cumplimiento de altos estándares de productividad y sostenibilidad.

De acuerdo con esto, se hace necesario identificar de manera apropiada las nuevas tecnologías nacionales e internacionales que se han venido implementando dentro del proceso de curtido de pieles, y de esta forma evaluar su eficiencia dentro de la implementación haciendo énfasis a la situación particular que se presenta en el municipio de Villapinzón.

7 Marco Teórico

Con el fin de evaluar los principales aportes realizados para la investigación sobre “La evaluación de buenas prácticas ambientales para los procesos de curtido de pieles en la cuenca alta del río Bogotá” se abordarán dentro del presente marco teórico las principales referencias, permitiendo comprender de mejor forma las condiciones que se presentan en la cuenca alta del río Bogotá, específicamente en el municipio de Villapinzón, Cundinamarca.

Consecuente a esto, el presente estudio se centró en la identificación y análisis de los principales impactos ambientales a los que se encuentra sometido el recurso hídrico de la cuenca del río Bogotá, de esta forma, la investigación contempla las teorías relacionadas con el medio ambiente y el desarrollo sostenible, las buenas prácticas ambientales que se han venido desarrollando nacional e internacionalmente, identificando así las opciones más apropiadas para implementación dentro de la condición particular de la cuenca de estudio.

- **Teoría de la innovación ambiental sostenible:** esta teoría sirve de herramienta para crear soluciones innovadoras e integrales con el fin de tener un equilibrio en el ámbito social, cultural, económico y ambiental, sin que sea vean afectadas ninguna de estas. Las empresas y la sociedad que implementan esta teoría son potencialmente sostenibles con el medio ambiente a mediano y largo plazo; lo que las hace fuertemente competentes en el mercado por su gran responsabilidad con los impactos negativos que pueden ocurrir en el medio ambiente en un futuro evitando daños a las nuevas generaciones (Acosta, 2009).
- **Teoría de la prevención de la contaminación:** La problemática de la contaminación surgió con la Revolución Industrial, a mediados del siglo XVIII con la aparición de la máquina de vapor. Los graves problemas de contaminación comenzaron cuando las emisiones y descargas de los procesos industriales sobrepasaron la capacidad de auto

purificación de los cuerpos receptores (agua, aire y suelo), generando enfermedades en los seres humanos y especies animales por la alteración en los ecosistemas, según Rico (2009), la prevención de la contaminación es una estrategia de fuerza mayor por muchas razones. Si no se genera contaminación, entonces no existen contaminantes que gestionar. De esta forma, se evitan problemas futuros tales como aquellos derivados de los métodos de disposición o eliminación de desechos al final del proceso. El prevenir la contaminación antes de que se presente también evita situaciones que podrían poner en peligro no sólo a los miembros de la comunidad, sino a los trabajadores involucrados en la gestión de la contaminación; además establece unos factores que son la base fundamental para esta teoría, estos son:

- **Cambios en los procesos productivos:** Modificar los procesos para reducir la generación de residuos y emisiones.
 - **Uso de tecnologías limpias:** Implementar tecnologías que minimicen el impacto ambiental.
 - **Gestión de residuos:** Reducir, reutilizar y reciclar los residuos.
 - **Consumo responsable:** Fomentar un consumo consciente y sostenible de recursos.
 - **Educación y sensibilización:** Promover la conciencia ambiental y la participación ciudadana.
 - **Supervisión y cumplimiento:** Monitorear y asegurar el cumplimiento de las normas ambientales.
- **Teoría de la Ecoeficiencia:** según Meléndez (2020), la ecoeficiencia es la búsqueda de un equilibrio entre producir más, ahorrando recursos naturales, y teniendo en cuenta que las actividades y operaciones de la organización no afecte al medio ambiente. En la

actualidad los consumidores están cambiando sus hábitos de utilización, a productos o servicios que no tenga impactos negativos en el medio ambiente, las entidades reguladoras, gobiernos y grupos internacionales, están a favor de una producción más limpia y que sea eco amigable.

- **Teoría de la innovación disruptiva y tecnologías verdes:** Una tecnología disruptiva ofrece una herramienta nueva que tiene la enorme capacidad de transformar completamente la vida de las personas y ecosistemas, cuando emerge una tecnología de este tipo puede concertar un nuevo mercado, sus propios valores y riesgos. Por otra parte, la tecnología verde se refiere al desarrollo y uso de tecnologías que minimizan los impactos negativos de las actividades humanas en el medio ambiente y la sociedad. Abarca una amplia gama de productos, servicios y prácticas que respaldan un futuro más sustentable. Uniendo estas dos teorías surge el concepto “son las tecnologías que minimizan el impacto negativo de las actividades humanas en el medio ambiente y la sociedad, promoviendo un futuro más sostenible. Como ejemplos están; la energía renovable, la movilidad sostenible, tecnología de la información, gestión de residuos y materiales sostenibles” (Jaramillo, 2022).
- **Teoría del desarrollo sostenible:** Para Palacios (2018) el desarrollo sostenible se define como “aquel que mejora la calidad de vida humana sin rebasar la capacidad de carga de los ecosistemas que los sustentan” lo que denota la falta de autonomía dado a que el hombre se ve obligado a explotar los ecosistemas en la búsqueda de la supervivencia, y para lograrlo, las medidas a considerar deberán ser económicamente viables, respetar el medio ambiente y ser socialmente equitativas.

7.1 Marco Legal

Las curtiembres en Colombia están sujetas a diversas regulaciones ambientales diseñadas para mitigar el impacto de sus actividades sobre el medio ambiente.

A continuación, se presenta la normativa vigente:

- **Constitución Política de Colombia**, ha sido esencial para el desarrollo de una legislación ambiental en Colombia, reconociendo el derecho a un ambiente sano en el Artículo 79, como un derecho fundamental y establece la responsabilidad compartida entre el Estado y los ciudadanos para proteger el medio ambiente. Esto ha dado lugar a un marco legal que respalda las acciones de conservación y gestión ambiental en el país (Asamblea Nacional Constituyente de Colombia, 1991).
- **Ley 9 de 1979 Código Sanitario Nacional**, establece un marco normativo para la protección de la salud pública y el control de los factores que puedan afectarla, tales como la contaminación ambiental, las condiciones de los alimentos, la higiene, el manejo de residuos y la prevención de enfermedades. Su propósito es garantizar un ambiente saludable para la población y regular los riesgos sanitarios que pueden surgir de diversas actividades (Congreso de la República de Colombia, 1979).
- **Ley 99 de 1993**, “Por la cual se crea el Ministerio de 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.” Esta ley establece el marco normativo general para la protección del medio ambiente en el país, otorgando a las autoridades ambientales la responsabilidad de controlar las actividades industriales, como las de las curtiembres. Su objetivo es promover la

prevención, control y manejo sostenible de los recursos naturales, incluyendo la gestión de efluentes y residuos generados por las curtiembres (Congreso de Colombia, 1993).

- **Ley 373 de 1997** “Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua” Todo plan ambiental regional y municipal debe incorporar obligatoriamente un programa para el uso eficiente y ahorro del agua. Las Corporaciones Autónomas Regionales y demás autoridades ambientales encargadas del manejo, protección y control del recurso hídrico en su respectiva jurisdicción, aprobarán la implantación y ejecución de dichos programas en coordinación con otras corporaciones autónomas que compartan las fuentes que abastecen los diferentes usos (Congreso de Colombia, 1997). Es una ley crucial para mejorar la sostenibilidad de la industria del curtido, que históricamente ha sido una de las más contaminantes debido a los productos químicos utilizados en el proceso.
- **Ley 1259 de 2008** “Por medio de la cual se instaure en el territorio nacional la aplicación del comparendo ambiental a los infractores de las normas de aseo, limpieza y recolección de escombros; y se dictan otras disposiciones” tiene como objetivo establecer el comparendo ambiental como una herramienta para fomentar la cultura ciudadana en relación con el manejo adecuado de los residuos sólidos y escombros. Busca prevenir el impacto negativo en el medio ambiente y la salud pública, aplicando sanciones tanto pedagógicas como económicas a las personas naturales o jurídicas que no cumplan con la normativa sobre residuos sólidos. Además, promueve el fomento de buenas prácticas ambientalistas mediante estímulos positivos (Congreso de Colombia, 2008).
- **Decreto 2811 de 1974**, Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente. En este código se muestran las causales de suspensión temporal o se declarar la caducidad de una concesión de aprovechamiento de aguas para uso industrial, conforme al

procedimiento previsto por el artículo 250 de este decreto, si vencido el plazo señalado no se ha construido y puesto en servicio el sistema de tratamiento de aguas residuales para verterlas en las condiciones y calidades exigidas en la providencia que otorga el permiso de vertimiento (Presidente de la República de Colombia, 1974).

- **Decreto 1594 de 1984.** Establece el Reglamento Técnico sobre el Manejo de Efluentes Líquidos, enfocado en regular la disposición y el tratamiento de aguas residuales y efluentes generados por diversas actividades industriales, comerciales y domiciliarias, establece los límites permitidos para los vertimientos de aguas residuales en cuerpos de agua, tanto superficiales como subterráneos con el objetivo de proteger el medio ambiente, especialmente los cuerpos de agua como ríos, lagos y fuentes subterráneas (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 1984).
- **Decreto 4741 de 2005.** El objetivo de este decreto es prevenir la generación de residuos peligrosos y regular su manejo, con el propósito de proteger la salud humana y el medio ambiente. Las disposiciones del decreto se aplican a nivel nacional a todas las personas que generen, gestionen o manejen residuos peligrosos. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2005)
- **Decreto 3930 de 2010.** Establece las disposiciones relacionadas con los usos del recurso hídrico, el Ordenamiento del Recurso Hídrico y los vertimientos al recurso hídrico, al suelo y a los alcantarillados, además de establecer responsabilidades tanto para las autoridades ambientales como para los generadores de vertimientos y los prestadores de servicios públicos. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y desarrollo Territorial, 2010)
- **Decreto 1076 de 2015.** Expide el decreto único reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. Señala la obligatoriedad del permiso de vertimiento y prohíbe verter

sin tratamiento residuos sólidos, líquidos y gaseosos que puedan contaminar las aguas, además de establecer los requerimientos de la obtención de permisos, también reglamenta las normas relacionadas con el recurso hídrico, en cuanto a uso y aprovechamiento (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).

- **Decreto 050 de 2018.** Modifica parcialmente el Decreto 1076 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible en relación con el permiso, los requisitos y el estudio de la solicitud de vertimiento, así como su evaluación ambiental y otras disposiciones (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018).
- **Resolución 1023 de 2005.** “Por la cual se adoptan guías ambientales como instrumento de autogestión y autorregulación” El objetivo de esta resolución es adoptar las guías ambientales como una herramienta de autogestión y autorregulación para el sector regulado. Estas guías también sirven como referencia conceptual y metodológica tanto para las autoridades ambientales como para la ejecución y desarrollo de proyectos, obras o actividades que se mencionan en el artículo tercero de la resolución (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2005)
- **Resolución 631 de 2015.** Reglamenta el artículo 28 del Decreto 3930 de 2010. Su propósito es asegurar un control efectivo sobre las sustancias contaminantes que se vierten en los cuerpos de agua, promoviendo la descontaminación de ríos y quebradas y mejorando la disponibilidad de agua limpia.

Esta normativa abarca 56 parámetros de calidad y regula 73 actividades en 8 sectores productivos que impactan la contaminación hídrica (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).

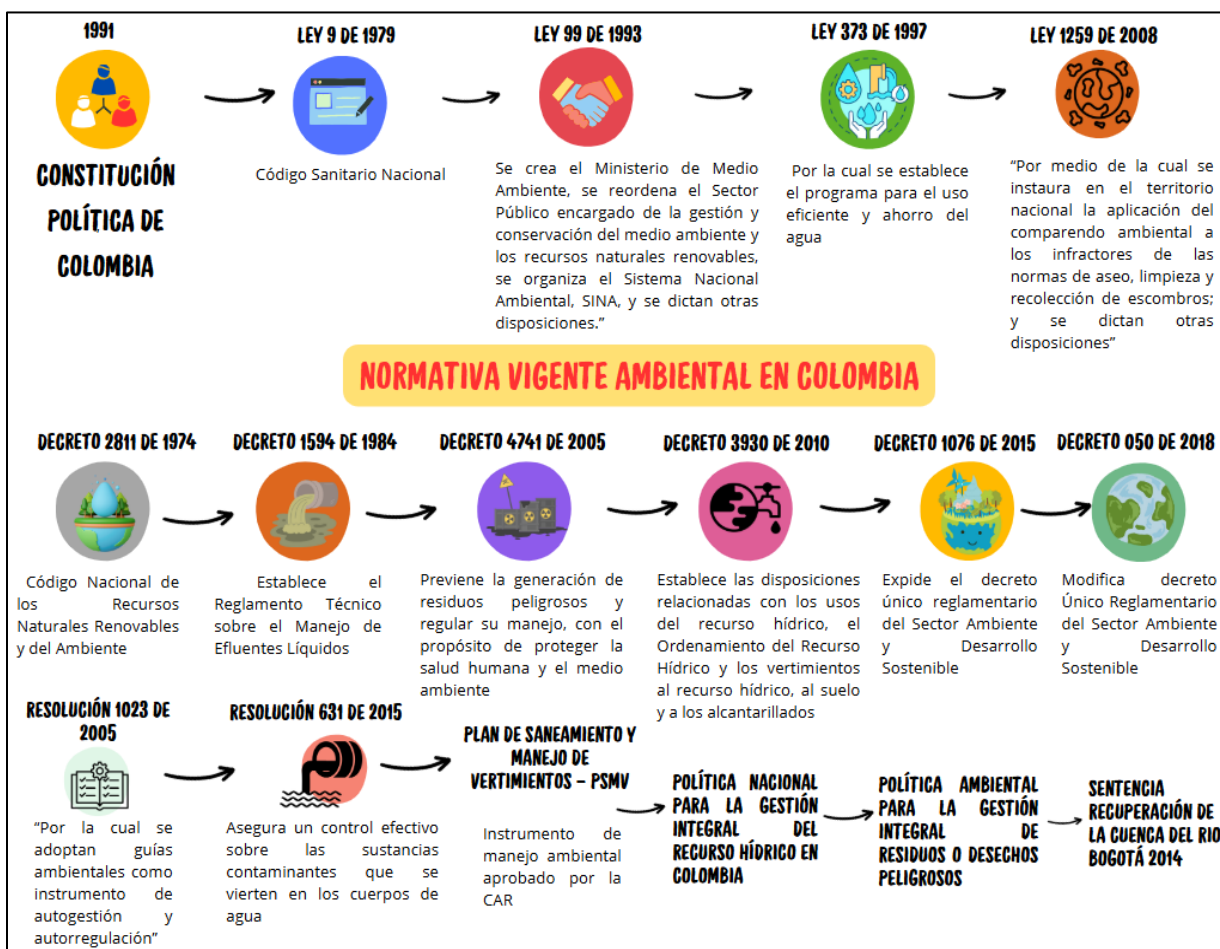
- **Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos – PSMV.** Es un instrumento de manejo ambiental aprobado por la CAR, que contempla el conjunto de programas, proyectos y actividades, con sus respectivos cronogramas e inversiones necesarias para avanzar en el saneamiento y tratamiento de los vertimientos, incluyendo la recolección, transporte, tratamiento y disposición final de las aguas residuales descargadas al sistema público de alcantarillado, tanto sanitario como pluvial. (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, 2007)
- **Política nacional para la gestión integral del recurso hídrico en Colombia.** Establece los objetivos, estrategias, metas, indicadores y líneas de acción estratégica para el manejo del recurso hídrico en el país, en un horizonte de 12 años (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial ; Viceministerio de Ambiente, 2010).
- **Política Ambiental para la Gestión Integral de Residuos o Desechos Peligrosos.** El objetivo general de la Política es fortalecer la gestión integral de los residuos peligrosos, teniendo en cuenta las necesidades de los distintos grupos de interés y la problemática ambiental relacionada con su generación y manejo. Su propósito es proteger el medio ambiente y la salud humana, contribuyendo al mismo tiempo al desarrollo sostenible del país (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2020).
- **Sentencia recuperación de la cuenca del río Bogotá 2014.** Dentro de las cuales se estipulan algunas obligaciones para la industria de las curtiembres en Villapinzón – Chocontá y San Benito, como la construcción y puesta en funcionamiento de dos parques ecoeficientes industriales de curtiembres Villapinzón y el de San Benito en el distrito, así como cierre de las Curtiembres sin permiso de Vertimientos- Inmediato (Sección Primera de la Sala de lo Contencioso Administrativo del Consejo de Estado, 2014)

Para el caso de interés en el municipio de Villapinzón, con relación a la actividad de curtido de pieles, por parte de las autoridades ambientales se han desarrollado distintas políticas con el fin de garantizar la protección de los ecosistemas afectados por distintos procesos industriales como se puede observar en la Ilustración 2, donde se plasma la Normativa Vigente Ambiental en Colombia

Conjuntamente, la CAR ha establecido planes de manejo ambiental como POMCAS, PORH, para la protección de la cuenca alta del río Bogotá, de esta forma, se ha garantizado una gestión y supervisión adecuada de la cuenca conservando los límites dispuestos por el ministerio para el aprovechamiento del recurso hídrico propio de la cuenca.

Es de gran importancia el cumplimiento de la normativa señalada en las curtiembres que buscan reducir los impactos negativos de sus actividades, especialmente en el manejo de vertimientos y residuos, de esta manera evitar sanciones, multas o cierres definitivos.

Ilustración 2 Normativa Vigente Ambiental en Colombia



Fuente: Elaboración propia. Información recopilada de Guía de producción más limpia para el sector curtiembres de Bogotá Enfoque en vertimientos y residuos (Secretaría Distrital de Ambiente, 2018)

7.2 Marco Conceptual

En Cundinamarca, la actividad del curtido de pieles comenzó a mediados de los años 50 en los municipios de Villapinzón y Chocontá, posteriormente, se trasladó a la ciudad de Bogotá, concentrándose mayormente en el barrio San Benito, ubicado en la localidad de Tunjuelito. Actualmente, la industria del curtido y recurtido de cueros está clasificada con los códigos 1511 y 1512, según el código industrial internacional uniforme – CIIU, versión 4.0 .

- **Código industrial internacional uniforme (CIIU)** es un sistema que organiza todas las actividades económicas e industriales reconocidas por la ONU. Su propósito es crear una codificación estándar a nivel global, que se utiliza para analizar el desarrollo, las necesidades, la normalización y las políticas económicas e industriales, entre otros aspectos. Cada país generalmente tiene su propia clasificación industrial, adaptada a sus condiciones particulares y al grado de desarrollo de su economía. Esto se debe a que las necesidades de clasificación pueden variar para análisis nacionales o comparaciones internacionales. La **CIIU** facilita la generación de datos comparables entre países, siendo esencial para la recopilación de cuentas nacionales y el análisis de la producción. (Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales, 2012)

Teniendo en cuenta las estadísticas recopiladas por el DANE 2015, las exportaciones de piel salada y wetblue, en Colombia el mayor departamento exportador de wet-blue es Atlántico (31%), le sigue en orden de importancia Antioquia (30%) y Bogotá y Cundinamarca (24%). (Secretaría Distrital de Ambiente, 2015)

El principal país destino de las exportaciones de wet-blue es Italia con una participación del 27%, seguido de China 19% y Venezuela 11%, entre otros destinos.

Wet-blue. Es el estado de la piel después del curtido, caracterizado por la humedad y el tono azulado que adquiere durante el proceso (Secretaría Distrital de Ambiente, 2015).

7.2.1 Proceso de Curtido de Pieles

- El **curtido de pieles** es el proceso que convierte las pieles de los animales en cuero, un material duradero, flexible y resistente. La piel está compuesta por tres capas: la epidermis, la dermis y la hipodermis. En las industrias del curtido, se utilizan las pieles de animales, que provienen como subproductos de la industria cárnica, evitando que se desechen o

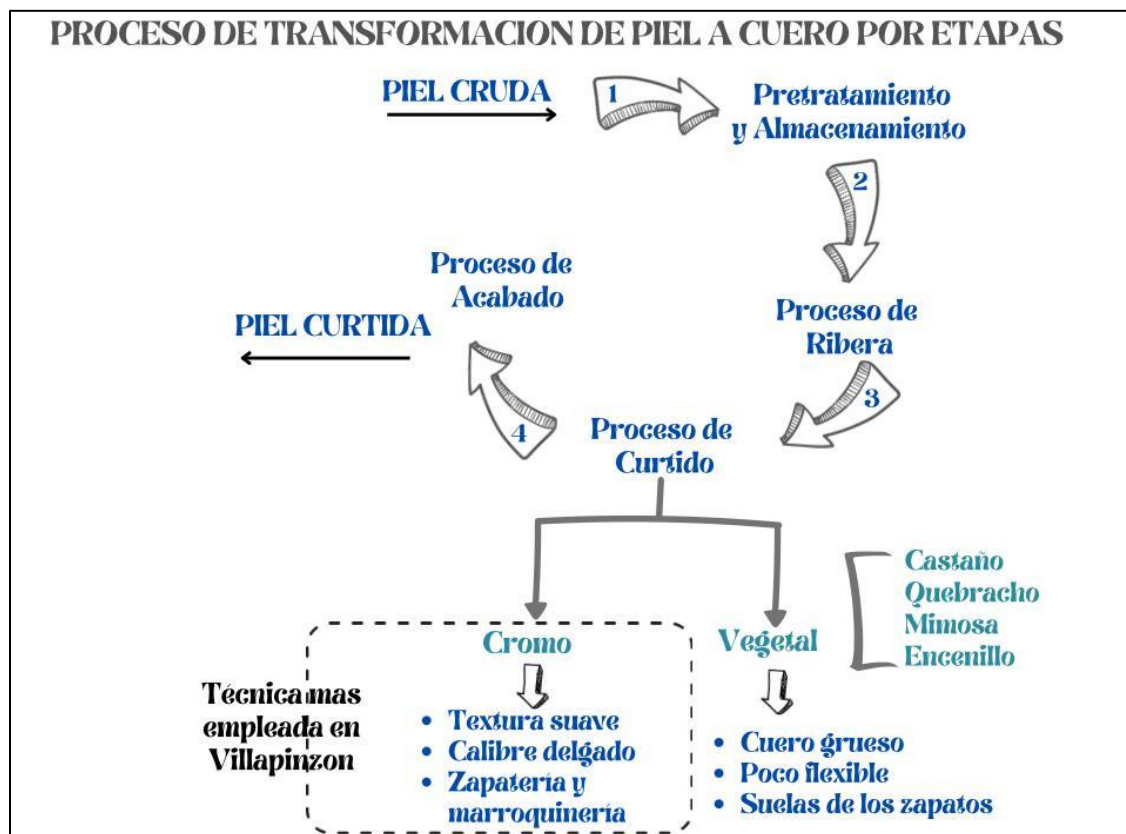
incineran. Las pieles más comunes en este proceso son las de bovino, porcino y ovino, que son la principal materia prima en la industria del curtido. (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, 2013)

Según la investigación bibliográfica realizada, se observa que las curtiembres en el municipio de Villapinzón en su mayoría llevan el proceso de curtido con cromo, y la cantidad de insumos químicos utilizados puede variar dependiendo de los proveedores, la calidad de las pieles y la experiencia del curtidor. El tratamiento de las pieles inicia después del sacrificio del animal, y estas se comercializan principalmente en dos presentaciones: frescas o saladas (Secretarías Distrital de Ambiente, 2015)

- **Pieles frescas:** El curtido puede comenzar sin pretratamiento si el tiempo entre el sacrificio del animal y el procesamiento es corto. (Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente - DAMA, 2004)
- **Pieles saladas:** Se salan para preservarlas y evitar la aparición de microorganismos que causen su descomposición, permitiendo su almacenamiento prolongado. La preservación se realiza por inmersión en salmuera o adición de sal (Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente - DAMA, 2004).

7.2.1.1 Etapas de Curtido. El proceso de la transformación de piel a cueros se realiza por etapas, como se puede observar en la Ilustración 3, donde se inicia con piel cruda como materia prima, pasando por las etapas que a continuación se describen y obteniendo como producto final piel curtida, lista para la comercialización.

Ilustración 3 Proceso de transformación de piel a Cuero por Etapas



Fuente: Elaboración Propia

1. **Pretratamiento y Almacenamiento**, se aplica cuando las pieles han sido almacenadas por un tiempo prolongado, con el objetivo de prevenir la proliferación de microorganismos causados por la descomposición. (Secretarías Distrital de Ambiente, 2015)
2. **Ribera o limpieza**, donde la piel se recibe y se somete a un proceso de limpieza para eliminar grasa, carne y pelo. En algunos casos, las pieles caen al suelo después del sacrificio, lo que provoca la mezcla con residuos como sangre y estiércol. (Secretarías Distrital de Ambiente, 2015)
3. **Curtido**, prepara las pieles para convertirse en materiales fuertes y resistentes a la descomposición, utilizando agentes curtientes que se adhieren a las fibras de colágeno y las estabilizan mediante enlaces químicos entre ellas. La mayoría de las empresas emplean

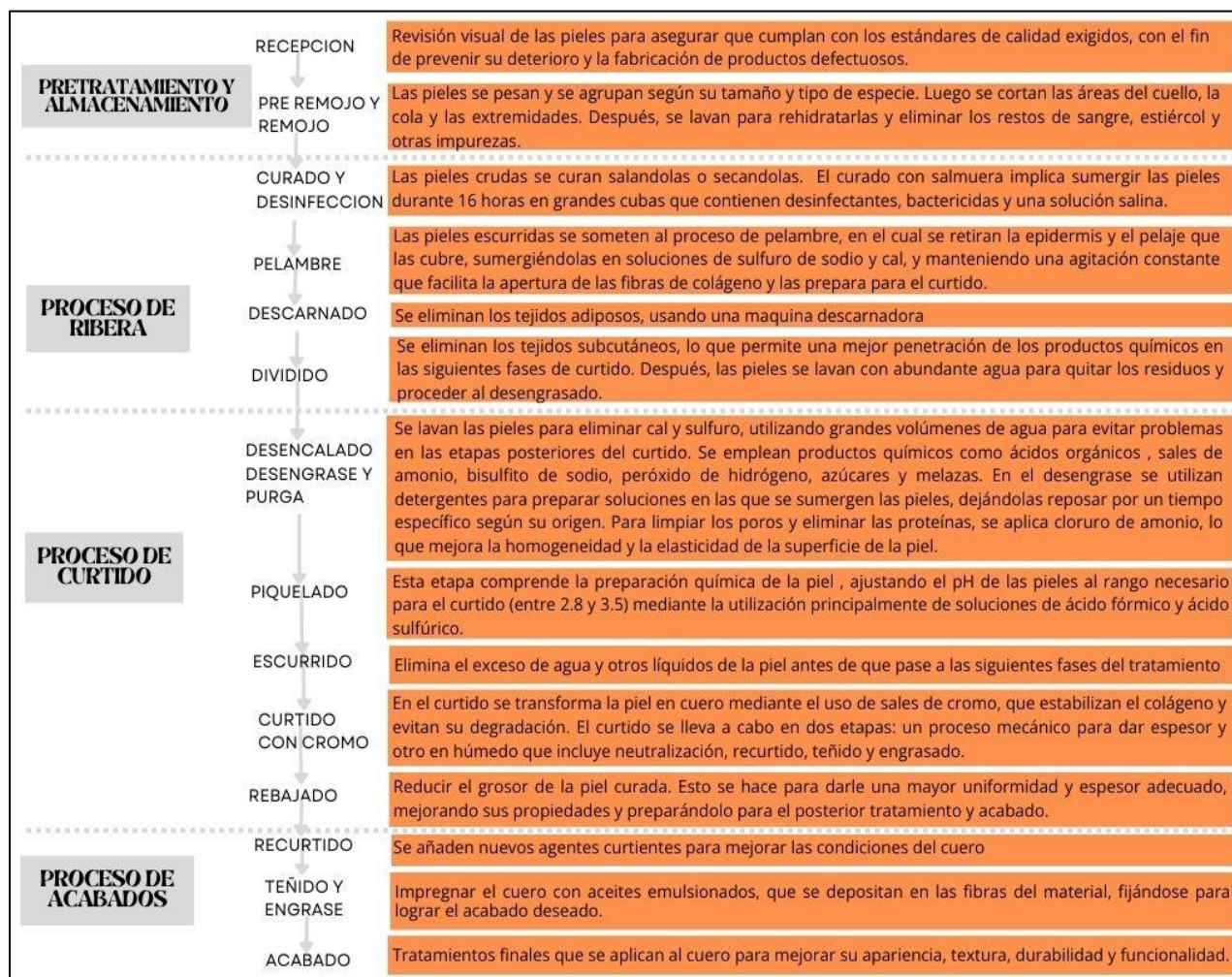
sales metálicas, especialmente las de cromo, como agentes curtientes (Secretarías Distrital de Ambiente, 2015).

4. **Acabado**, puede ser acabado en húmedo que confiere las características de suavidad, color y tacto que son requeridos para cada tipo de cuero, de acuerdo con los requisitos del producto final o acabado en seco que otorga al cuero el aspecto final de color y brillo y permite controlar posibles imperfecciones del producto (Secretarías Distrital de Ambiente, 2015). Llevando a cabo la aplicación de varias capas de una mezcla de resinas, pigmentos y auxiliares sobre el cuero, seguido de una capa de laca que otorga mayor solidez y regula el brillo. Si el cuero tiene imperfecciones visibles, se retira la flor natural, creando lo que se conoce como "flor corregida". Para imitar la flor original, se utiliza un grabado en prensa. Además, se requieren uno o más prensados durante o al final del proceso de acabado. Finalmente, el cuero se clasifica, mide y empaca (Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente - DAMA, 2004).

7.2.2 Descripción del Proceso de Curtido

Como se menciona el proceso consta de 4 etapas, donde en cada una se realizan las actividades que se detallan en la Ilustración 4.

Ilustración 4 Descripción Proceso de Curtido



Fuente: Elaboración Propia, Información recopilada de Guía para el Desarrollo de Actividades de Promoción y Prevención en la Industria de Curtiembre (Social, 2015)

7.3 Marco Contextual

7.3.1 Antecedentes

En Colombia, la industria del cuero se desarrolla principalmente en los Departamento de Antioquia y Cundinamarca, en los municipios Amaga, Bogotá, Chocontá y Villapinzón. Para este estudio nos centraremos específicamente en el municipio Villapinzón, el cual se ha consolidado como centro de producción y procesamiento de cuero, debido a la abundancia de recursos hídricos,

así como al establecimiento de familias dedicadas a la transformación de pieles según lo indica Rey (2022), utilizando el río Bogotá en la cuenca alta como fuente de abastecimiento y a la vez de medio de disposición de residuos industriales.

A pesar de los esfuerzos de las autoridades ambientales por hacer cumplir la normativa vigente, fomentar el uso de tecnologías limpias y realizar el seguimiento correspondiente a través de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR, la actividad de las curtiembres continúa generando efectos negativos significativo en el recurso hídrico, tanto superficial como subterráneo, así como sobre el suelo, el aire y la salud de la comunidad según establece Bravo & Valenzuela (2021). Lo evidencia el estudio realizado por Sanchez & Ramirez (2016) donde argumentan que la calidad del agua se ha visto afectada por la presencia de sedimentos y residuos sólidos y líquidos que contienen materia orgánica, cloruros y metales pesados, los cuales son descargados sin un tratamiento adecuado.

La Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR, a través de sus estudios y mecanismos de regulación, ha motivado a los empresarios a adoptar alternativas más eficientes desde el ámbito de la inversión. Sin embargo, aún persiste una carencia de políticas y controles efectivos por parte de las entidades gubernamentales que fortalezcan la competitividad del sector. Además, los procesos en las curtiembres continúan siendo mayoritariamente artesanales y con bajos niveles de tecnificación, lo que incrementa su efecto negativo sobre el medio ambiente (Martínez & Romero, 2018).

Un estudio reciente de la Fundación Paz y Reconciliación (PARES) reveló que, para febrero de 2024, el río Bogotá presenta un nivel crítico de contaminación, evidenciado por los bajos niveles de oxígeno, lo que indica que el río está prácticamente muerto. Esto se debe a que

diariamente el río recibe aproximadamente 800 toneladas de desechos sólidos y 16 mil litros de aguas residuales (Espectador, 2024)

7.3.2 Ubicación espacial y temporal

El municipio de Villapinzón se ubica en la zona nororiental de Cundinamarca, como se muestra en la Ilustración 5, a 80 km al noreste de Bogotá en el altiplano cundiboyacense, pertenece a la región natural del bosque andino y a la subregión de la cuenca alta del río Bogotá. Limita con Boyacá y es un importante enlace vial mediante la carretera central del norte, lo que le otorga un papel clave en la región por su producción. Administrativamente pertenece a la provincia Los Almeydas, la cual está conformada por los municipios de Chocontá, Machetá, Manta, Sesquilé, Suesca, Tibirita y Villapinzón.

Su extensión es de 249 Km², distribuidos 248.51 Km² en el área rural y 0.39 Km² en el área urbana. (Villapinzón, 2017)

Ilustración 5 Mapa de Villapinzón



Fuente Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR 2014

Altura sobre el Nivel del Mar (msnm) Varía desde los 2700 msnm hasta 3100 msnm
 Temperatura Media – Cabecera: (13°C)

El municipio de Villapinzón forma parte de una de las 14 cuencas principales del departamento de Cundinamarca. Esta cuenca atraviesa diagonalmente el territorio y abarca un área aproximada de 589.143 hectáreas. El río Bogotá, que nace en Villapinzón y desemboca en Girardot, recorre 385 km y ocupa esa misma extensión.

Ilustración 6 Mapa Río Bogotá



Fuente El espectador (Las cuentas pendientes con el Río Bogotá, 2016)

Las fuentes hídricas de Villapinzón provienen principalmente de dos sistemas de páramos: uno ubicado en las veredas de Chasquez, Bosavita, Quincha y algunos remanentes del páramo de Pachancute en la vereda Tibita. También destacan la quebrada La Tócola, que nace en la cuchilla del Choque entre Villapinzón, Chocontá y Machetá, y otras corrientes menores como La Joya, El Alisal y Cruz Colorada, que alimentan el río Albarracín.

7.3.3 Factores socioeconómicos y ambientales

7.3.3.1 Socioeconómico. Por más de cien años las curtiembres de la región han sido líderes en la transformación de pieles, contribuyendo significativamente al crecimiento del sector y a la economía del país. La constante demanda de sus productos refleja el reconocimiento nacional hacia las curtiembres de Villapinzón, destacadas por ofrecer artículos de alta calidad. Esta industria es fuente generadora de empleo para el personal calificado y no calificado de la región.

Según indican Martínez & Romero (2018), actualmente la industria del cuero atraviesa un periodo complicado, ya que la llegada de cueros provenientes de China y de materiales sintéticos que los imitan ha llevado a los productores nacionales a reflexionar sobre posibles soluciones para mejorar su competitividad.

Un estudio realizado por la Gobernación de Cundinamarca revela que 862 familias tienen como sustento económico el trabajo en las curtiembres. No obstante, el Consejo de Estado ordenó que estas industrias deben retirarse de la ronda del río Bogotá para permitir su recuperación ambiental. Las autoridades locales muestran preocupación por la reubicación de las curtiembres, ya que no hay claridad sobre el proceso. Aunque se propone un parque industrial en Chocontá, el proyecto no cuenta aún con recursos asignados ni presupuesto disponible por parte de la Gobernación.

La operación ilegal de las curtiembres ha agravado los problemas de salud en la comunidad como enfermedades respiratorias, producto de los malos olores, el cáncer se presenta como una enfermedad de alta incidencia, atribuida a la exposición a metales – cromo, como consecuencia de su exposición al proceso de curtido según lo indica Giraldo (2022).

La escasa concienciación de quienes participan en la industria del cuero, junto con los efectos contaminantes que produce, impacta no solo a los habitantes de la zona, sino también a las comunidades ubicadas a lo largo de las riberas del río Bogotá, principal afectado por la baja tecnificación de los procesos. Además, el cumplimiento parcial o el desconocimiento total de la normativa vigente contribuyen a la contaminación ambiental, obstaculizando el adecuado desarrollo de las actividades del sector (Martínez & Romero, 2018).

7.3.3.2 Ambiental. Gran parte del proceso de transformación de piel en cuero se realiza utilizando agua, lo que implica un consumo excesivo del recurso y una alta contaminación, especialmente por la descarga de residuos sin tratamiento en el sistema de alcantarillado (Secretaría Distrital de Ambiente, 2017). Asimismo, los desechos sólidos como pelo, unche, garras y recortes de cuero suelen ser depositados en vertederos ilegales a lo largo de caminos veredales o en la ronda del río Bogotá, mientras que solo una porción del unche, proveniente del descarte, es aprovechada como abono por terceros (Amaya, 2010).

Según García (2018), las curtiembres autorizadas que vierten aguas en la cuenca han mostrado niveles de contaminación cercanos a los límites permitidos, lo que resalta la importancia del control y regulación de los vertimientos. Por otro lado, las industrias no autorizadas que incumplen la normativa impactan negativamente el desarrollo de la actividad y el entorno.

La aplicación de procesos productivos de calidad y el cumplimiento de las Normas del Sistema de Gestión Ambiental en las curtiembres contribuyen a mejorar su competitividad tanto a

nivel nacional como internacional. Esto, a su vez, facilita la consolidación de convenios y alianzas estratégicas que promueven e incrementan las exportaciones de los productos elaborados por este sector.

7.3.4 Relación con el problema de Investigación

La investigación destaca la urgente necesidad de proteger los ecosistemas afectados por la industria de las curtiembres. A través de la identificación y análisis de los impactos generados, se generan alternativas sostenibles en los procesos industriales. Esto no solo contribuye a la conservación del medio ambiente, sino que también garantizaría una mejor calidad de vida para las comunidades que habitan en la cuenca afectada.

Como bien se ha dicho durante el desarrollo de la presente investigación, el proceso de curtido de pieles en la cuenca alta del río Bogotá ha sido uno de los principales degradadores de los servicios eco sistémicos disponibles en la zona alta de la cuenca del río Bogotá, de esta forma García (2018) dentro de su trabajo postula la gran carga de materia orgánica (DBO_5 y DQO_5), Sólidos suspendidos totales (SST) Sulfuros, Cloruros y compuestos de cromo entre otros, que se vierten directamente dentro del cauce del río Bogotá, situación que de acuerdo con Castiblanco, Perez, & Ortiz (2020) en su análisis, determinaron los drásticos cambios a los que se enfrenta el afluente, sufriendo un fuerte cambio en su tonalidad y afectando su nivel de contaminación pasando de tipo 1 (Mínimo) a tipo 3 (Regular).

De igual forma, Castiblanco, Perez, & Ortiz (2020) determinaron dentro de su análisis, no solo afectaciones relevantes al recurso hídrico, sino que, al contrario, también evidenciaron una afectación a la biodiversidad de la zona, con cambios drásticos en el entorno de las especies locales y afectaciones sobre la salud de las poblaciones aguas abajo.

Por otro lado García, (2018) evidencia que distintos parámetros fisicoquímicos que se presentan dentro del efluente, no cumplen con los parámetros máximos permisibles de la norma, principalmente, en curtiembres que no poseen permisos de vertimientos ni control por parte de las autoridades ambientales, situación que amplía la problemática ambiental, relacionándola con la poca efectividad de las políticas institucionales para la protección del recurso hídrico.

Simultáneamente, el impacto ambiental generado al recurso hídrico del río Bogotá no solo se limita a los ya mencionados, de acuerdo con Ramírez (2018) gran porcentaje de los metales vertidos en las aguas del río por parte de los curtiembres, tienen características conservativas, de esta forma, dichos metales no logran generar procesos de descomposición en su totalidad, lo cual facilita el transporte de estos dentro del afluente principal, hecho que en largo plazo, altera la calidad del agua que llega a las plantas de tratamiento de agua potable (PTAP) incidiendo dentro del recurso que consumen las poblaciones cercanas como Bogotá D.C.

Continuando con el planteamiento, por parte de Masud & Malik (2014) se hace importante considerar las directas afectaciones que pueden generar los químicos usados en los procesos de curtido de las pieles, dentro de su estudio, los autores plantean el gran riesgo al que se ven enfrentadas las comunidades que tiene contacto directo con los químicos que se vierten en los afluentes a causa del proceso de curtido, ya que estos, son capaces de generar discapacidades o enfermedades cancerígenas inclusive hasta la muerte en los humanos.

De esta forma, y evidenciando la gran carga contaminante que generan los procesos de curtido a nivel nacional e internacional se plantea por parte de Silva & Morales (2022) la necesidad de las industrias de la curtiduría de cambiar sus procesos y prácticas industriales, partiendo así de la implementación de buenas prácticas ambientales tales como la precipitación del cromo con hidróxido de sodio, la remoción de cloro mediante el uso de mallas moleculares, procesos que

permiten verter aguas en mejores condiciones ambientales, disminuyendo así la carga de metales pesados vertidos a los afluentes y generando empresas ambientalmente sostenibles que garantice el desarrollo y la sustentabilidad de los procesos productivos.

En este sentido, se han planteado distintas estrategias de producción limpias para el proceso de curtido de pieles, de acuerdo con Rodríguez, Sánchez, & Pinto (2021) se hace fundamental plantear el objetivo de mitigación de los impactos ambientales por parte de las empresas productoras de pieles, es así como la integración de la responsabilidad social empresarial dentro del proceso de curtido, generaría cambio de mentalidades tanto en los productores como en los consumidores impulsando estrategias de protección al medio ambiente y generando preferencias por el consumo de productos provenientes de empresas con enfoques sostenibles.

7.3.5 *Desarrollo Sostenible, Sostenibilidad Ambiental, Consumo y Producción Sostenibles*

Teniendo en cuenta los objetivos de este trabajo sobre el diagnóstico de prácticas sostenibles, identificación, análisis y mitigación de los impactos ambientales producidos por el proceso de curtido es necesario comprender conceptos de desarrollo sostenible, sostenibilidad ambiental, consumo y producción sostenibles.

El concepto de desarrollo sostenible ha sido ampliamente discutido y analizado por diversas disciplinas desde la década de los setenta, particularmente en la Primera Conferencia mundial sobre el medio ambiente en Estocolmo, Suecia en 1972, donde se establecieron 26 principios de índole social, económica, política y ambiental con el fin de poner en marcha el Plan de Acción para el Medio Humano. (Organización de las Naciones Unidas ONU, 1972).

La importancia de la conferencia radica en que fue la primera vez que los líderes globales debatieron sobre cuestiones ambientales, con la intención de establecer un diálogo entre los países industrializados y los que están en proceso de desarrollo.

El concepto de desarrollo sostenible surge por primera vez en 1987 con la publicación del Informe Brundtland, el cual advertía sobre los efectos negativos del desarrollo económico y la globalización en el medio ambiente, y buscaba encontrar soluciones a los problemas ocasionados por la industrialización y el aumento de la población (Asamblea General de Naciones Unidas, 1987).

Luego en la cumbre de Río de Janeiro de 1992, se dio origen a la Agenda 21, un programa que reconocía la interdependencia de los factores sociales, económicos y ambientales, y cómo estos se afectan entre sí. En 2002, durante la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible en Johannesburgo, se reafirmó el compromiso con el desarrollo sostenible, siguiendo los principios establecidos en Río 1992. (Organización de Naciones Unidas ONU, 1993). Posteriormente, se crearon los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), que reflejaban las preocupaciones planteadas en las cumbres previas. Estos ODM fueron la base para los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en 2015, con una visión a 2030, abordando tanto las fortalezas como las debilidades de los ODM.

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) consisten en 17 metas fijadas por la ONU en 2015, con el horizonte de 2030 (Asamblea General de las Naciones Unidas, 2015). Estos objetivos cubren diversos temas, como la erradicación de la pobreza y el hambre, la salud, la educación, la igualdad de género, el acceso a energía limpia, acciones frente al cambio climático, y la paz y la justicia. Son aplicables a nivel mundial, aunque cada país los implementa según su situación particular.

El Objetivo 12 subraya la importancia de promover modalidades de Consumo y Producción Sostenibles (CPS) a través de estrategias como los negocios verdes que incluyen la economía circular y la adopción de tecnologías orientadas a una producción más limpia. El CPS se refiere a

producir más y mejor, pero con un uso reducido de recursos (Organización de las Naciones Unidas ONU, 1973).

Para Colombia la estrategia Nacional de Economía Circular se basa en varios documentos de políticas públicas y marcos normativos, como el CONPES 3866, que promueve el desarrollo económico mediante el fortalecimiento de cadenas de valor. También se apoya en el CONPES 3874 de 2016, que aprueba la Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos, junto con otras políticas relacionadas con la gestión de residuos peligrosos, la producción más limpia y el consumo sostenible. Estos lineamientos guían a las empresas hacia prácticas que promuevan la reducción, reutilización, reciclaje y aprovechamiento de subproductos para mejorar la eficiencia en el uso de recursos como materiales, agua y energía.

La Estrategia Nacional de Economía Circular de Colombia busca mejorar los sistemas productivos, optimizando el uso de materiales y promoviendo modelos de negocio colaborativos. Se basa en indicadores de la OCDE para medir el progreso en áreas como consumo de materiales, eficiencia energética, emisiones de CO₂ y reciclaje. Esta estrategia se alinea con la tendencia global de reducir el uso de recursos y cerrar ciclos de materiales, respondiendo al creciente consumo de la clase media y generando nuevas oportunidades económicas y ambientales. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, 2019)

En el proceso de curtido de cueros, se aplican enfoques de economía circular para cerrar el ciclo de los productos y reducir al máximo los residuos, aprovechando la mayoría de los materiales que generan valor. Teniendo como ejemplos exitosos Cundinamarca y Bogotá, con el objetivo de continuar impulsando el sector hacia prácticas de producción más limpia.

Desde 2017, se han coordinado acciones entre el sector curtidor de Villapinzón, Chocontá y San Benito, apoyadas por la CAR Cundinamarca, para promover la producción más limpia. En el segundo semestre de 2020, diversas entidades gubernamentales unieron esfuerzos en el desarrollo del POMCA río Bogotá, enfocándose en mejorar las prácticas en las curtiembres de la cuenca del río y los municipios mencionados. El Programa de Fortalecimiento de la Cadena del Cuero y el sello ambiental han sido fundamentales en este proceso. (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR, 2020)

En resumen, la implementación del modelo de economía circular en las curtiembres permite reducir los residuos y optimizar los recursos utilizados en la producción, lo que resulta en una industria más sostenible y rentable.

Destacándose el impacto positivo de los curtidores legalizados que implementaron la Producción Más Limpia, mejorando los aspectos técnicos, sociales y culturales. Por ejemplo, en Villapinzón en la curtiembre El Porvenir, se presentó el avance en la gestión responsable de los recursos naturales, destacando la reducción de sal en el proceso de piquelado, lo que minimiza la contaminación del Río Bogotá y mejora la productividad. Además, 14 curtidores ya reciclan completamente sus aguas residuales, y 22 están en proceso de evaluación para unirse a los legalizados. La CAR demuestra que es posible cumplir con las normativas ambientales (Observatorio Regional Ambiental y de Desarrollo Sostenible del Río Bogotá, 2017).

7.3.6 Estrategias de producción más limpia

Según la Guía de producción más limpia para el sector curtiembres de Bogotá Enfoque en vertimientos y residuos (Secretaría Distrital de Ambiente, 2018) y con el fin de prevenir la contaminación y optimizar el rendimiento ambiental en productos, procesos y servicios, la Producción Más Limpia se centra en las siguientes estrategias:

7.3.6.1 Buenas prácticas. Las estrategias de buenas prácticas operativas son fáciles de aplicar y consisten en cuestionar la necesidad, los tiempos de reacción, las concentraciones de los insumos y la cantidad de lavados, con el objetivo de optimizar los procesos y reducir el impacto ambiental (Secretaría Distrital de Ambiente, 2018).

Dentro de las buenas prácticas se encuentra el control de calidad mejorando el producto final y optimizando cada etapa del proceso, identificando problemas o áreas de mejora, como se puede observar en la ilustración 7. Es crucial mantener un control adecuado durante todo el proceso productivo para asegurar que los productos químicos penetren adecuadamente en la piel, logrando una fibra más abierta, suave y resistente. Algunos de los parámetros clave a controlar en las distintas etapas de producción son el pH, la temperatura, la densidad y la prueba de ebullición (Secretaría Distrital de Ambiente, 2018).

Ilustración 7 Buenas prácticas

BUENAS PRÁCTICAS	
• Es indispensable el uso de medidores de agua para conocer los consumos y poder controlarlos. • En caso de tener mangueras para el llenado de los bombos, reemplazarlas por tuberías de suministro conectadas directamente a los puntos de consumo, deben tener un sistema de válvula para controlar la salida de agua. • Si se siguen utilizando mangueras, deben instalarse dispositivos de control de salida de agua para evitar desperdicios. • Estas mangueras solamente deben usarse para limpieza o llenado de baldes o tanques para mezclar insumos. El barrido de pisos debe hacerse en seco. • Es necesario realizar un mantenimiento preventivo que identifique a tiempo elementos defectuosos, abrazaderas,	- uniones de tubería, etc., para evitar el desperdicio de agua o tener que parar el proceso. Por ello debe designarse una persona que se encargue de revisar de manera periódica la red de agua. • Debe adecuarse el sistema de recolección de aguas residuales, de manera que quede aislado del área de trabajo. • Durante el proceso productivo de la industria curtiembre, es importante la separación de efluentes, con el fin de evitar la mezcla de aguas ácidas y alcalinas y facilitar su tratamiento al final de tubo. • Es necesario eliminar los lavados con tapa de huecos y aumentar la presión en los mismos. • En cualquier caso que sea posible, debe reutilizarse el agua de salida. • Construir un sistema de aprovechamiento de aguas lluvias.

Fuente: Guía de producción más limpia para el sector curtiembres de Bogotá Enfoque en vertimientos y residuos (Secretaría Distrital de Ambiente, 2018)

7.3.6.2 Estrategias de Control. La Producción Más Limpia (PML) no elimina completamente el impacto ambiental, por lo que la solución más efectiva es combinarla con tratamientos de efluentes contaminados, residuos sólidos y emisiones al aire.

7.3.6.2.1 Tratamiento de agua residual en las industrias de curtiembres. Los tratamientos más comunes para las aguas de las curtiembres son los procesos físico-químicos y los tratamientos biológicos. Las tecnologías de membranas también se utilizan, ya que permiten la reutilización del agua tratada. Los compuestos inorgánicos en el agua residual pueden ser tóxicos para los microorganismos del tratamiento biológico, por lo que se realiza un pre-tratamiento físico-químico para eliminarlos. Al tratar aguas residuales mezcladas y homogeneizadas, es importante considerar ciertos aspectos en el diseño del proceso de tratamiento. (Fabregas, 2021)

Existen sistemas de tratamiento que disminuyen la carga contaminante de los vertimientos que se generan durante el proceso productivo, éstos se dividen principalmente en cuatro categorías, las cuales se describen en la Ilustración 8.

Ilustración 8 Tratamiento de Agua Residual en la Industria de Curtiembres



Fuente: Elaboración propia, datos tomados de; Guía de producción más limpia para el sector curtiembres de Bogotá Enfoque en vertimientos y residuos (Secretaría Distrital de Ambiente, 2018)

7.3.6.2.2 Manejo de los residuos sólidos generados en las industrias de curtiembres. Según la guía de producción más limpia los residuos pueden clasificarse en:

- Residuos ordinarios
- Residuos Aprovechables
- Residuos Peligrosos

Presentando de forma general el manejo de algunos residuos de mayor impacto ambiental y la forma de realizar su aprovechamiento

Los residuos generados en las curtiembres como se identifican en la Tabla 1, incluyen sal, virutas, recortes de piel tratada, lodos no procesados de la planta de tratamiento de aguas residuales, así como restos de productos químicos y envases, entre otros. Estos residuos no pueden ser reutilizados, salvo los lodos, y deben ser desechados en vertederos controlados, lo que constituye otro problema ambiental. Por otro lado, los subproductos no tratados, como recortes de piel cruda, pelos, lanas, grasas y carnazas, pueden ser aprovechados en la producción industrial de gelatina, colas y colágeno.

Tabla 1 Ilustración de residuos sólidos en el subsector de curtiembres y tenerías

Residuo	Punto de generación	Oportunidades de aprovechamiento o disposición
Envases (de insumos químicos, pinturas y solventes)	Recepción de materias primas	Se retornan al proveedor para reutilización y reenvase de los mismos insumos. Es necesario conservarlas en el mejor estado posible, sin hendiduras, golpes o contaminación cruzada.
Cartón, papel y plástico	Administrativos y recepción de materias primas	Se almacenan y se entregan a recuperadores o a empresas del servicio de aseo. (No debe estar contaminado con otras sustancias)
Lonas	Recepción de materias primas	Se emplean para la recolección de los lodos en los lechos de secado.
Sal recuperada	Alistamiento	Se puede usar en industrias de cerámica y ladrillo.
Residuos de predes-carne (cola, cojones, orejas, máscaras, tetillas, grasa subcutánea o sebo, unche y carnaza)	Predescarnado, descarnado, pelambre y dividido	Se utilizan para la producción de alimentos como gelatina, juguetes de animales y jabones y en la industria cosmética como colágeno hidrolizado. El pelo recuperado puede emplearse como abono o para compostaje.
Residuos de pelambre y recortes de partes de piel no curtibles	Pelambre	Se utilizan para la producción de alimentos como gelatina y juguetes caninos.
Rebajaduras de cuero en wet-blue	Rebajado	Se usan en la fabricación de cuero reconstituido o aglomerado, generación de ladrillos y/o adhesivos.
Retal de cuero en crosta y terminados, polvos de esmerilado	Acabado	Se pueden usar para realizar artesanías (manillas, pulseras, etc.); o vendidos a la industria de cuero reconstituido o aglomerado.
Lodos residuales desecados del proceso al cromo, de desengrase y lodos de curtido mineral.	Tratamiento de los vertimientos industriales.	Se disponen para incineración o relleno en celda de seguridad.
Luminarias, tóners, pilas, baterías (RAEES)	Administrativo	Se disponen con un gestor autorizado por el IDEAM.

Fuente: Guía de producción más limpia para el sector curtiembres de Bogotá Enfoque en vertimientos y residuos (*Secretaría Distrital de Ambiente, 2018*)

7.3.6.3 Uso eficiente del agua y la energía. El concepto se centra en la gestión y control del consumo de agua y energía, como parte de las políticas para el manejo de los recursos naturales renovables y el desarrollo sostenible Su objetivo es utilizar estos recursos de manera eficiente, garantizando su calidad, evitando su degradación y asegurando su disponibilidad futura, todo dentro del marco de protección y conservación de los recursos naturales (Secretaría Distrital de Ambiente, 2018).

Las alternativas que ha mostrado grandes resultados en cuanto a uso eficiente del agua han sido:

- Recirculación directa de aguas de pelambre buscando reducir la carga contaminante, especialmente por sulfuro, disminuir el uso de agua y productos químicos.
- Recirculación de aguas de curtido para recuperar las aguas residuales de este proceso, restaurándolas a su composición química original después de eliminar los sólidos. Esto permite ahorrar materia prima, como la sal de cromo, y disminuir la cantidad de cromo en los vertimientos líquidos de la empresa (Agudelo & Gutierrez, 2007).

7.3.6.4 Sustitución de Cromo. La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos realizó un estudio en una empresa de curtido de piel de vacuno para reducir el uso de sustancias tóxicas, materias primas y energía, con el fin de minimizar la contaminación y proteger la salud de los trabajadores. El estudio demostró beneficios medioambientales y económicos, mejorando la eficiencia del proceso y la calidad del producto. La empresa tiene una línea de curtido con cromo y taninos vegetales (87,5% de la producción) y otra solo con tanino vegetal (12,5%), logrando eliminar completamente el cromo en la segunda línea mediante el uso de aceites vegetales.

Con la utilización de taninos vegetales la corriente residual es menor y contiene una menor concentración de taninos, por lo que la coloración de las aguas residuales de las tenerías disminuye, aunque la concentración de materia orgánica es la misma. Se puede conseguir una reducción del 65% en el consumo del agua.

Como es sabido existen limitaciones técnicas para reemplazar completamente el cromo en el proceso de curtido, ya que este permite obtener pieles más ligeras necesarias para algunas aplicaciones, la alternativa es reducir la cantidad de cromo utilizado y reciclarlo o reutilizarlo, lo que ayuda a disminuir los residuos y el consumo de materias primas. Algunas empresas han conseguido reducir a una tercera parte la concentración de sales de cromo sin afectar la calidad del producto (Blount, 1997).

8 Metodología

Se realizó una revisión bibliográfica exhaustiva, por parte de los autores, que permitió identificar y analizar los distintos impactos ambientales generados por la industria de las curtiembres en la cuenca alta del río Bogotá, y de igual forma, se realizó una identificación de las buenas prácticas ambientales nacionales e internacionales que se han venido implementando con el fin de mitigar dichos impactos generados por la industria curtiembre.

De esta forma se plantearon tres fases principales para el desarrollo y cumplimiento de los objetivos trazados.

8.1 Primera fase

Por parte de los autores del trabajo, se realizó una recopilación exhaustiva con respecto a referentes bibliográficos relacionados con la identificación de los impactos ambientales que se presentan actualmente en la cuenca alta del río Bogotá a raíz de los procesos productivos generados por la industria de las curtiembres en el municipio de Villapinzón, esto, partiendo de fuentes bibliográficas tales como artículos científicos, tesis y reportes técnicos de autoridades ambientales, los cuales permitan generar un análisis adecuado de estos y su diferenciación de acuerdo a las condiciones en las que se vienen presentando. De igual forma, se contemplaron las investigaciones previas realizadas por distintos autores en áreas con condiciones similares a las evidenciadas en la cuenca alta del Río Bogotá, específicamente el municipio de Villapinzón, de esta forma se puede comprender a mayor escala los patrones y tendencias que presenta la industria de las curtiembres en cuanto a las afectaciones ambientales que presentan en general.

8.2 Segunda fase

Se realizó el análisis de los impactos ambientales que se identificaron previamente, generados por la industria de los curtiembres en el municipio de Villapinzón (Cundinamarca), de

esta forma, y en conjunto a la revisión de casos de estudio exitosos, se planteó una evaluación en cuanto a la afectación generada a los ecosistemas que rodean el sitio de interés del presente trabajo, es así, como el aporte bibliográfico en cuanto a las condiciones exploradas permitió generar un concepto técnico de evaluación en cuanto a la magnitud de la afectación ambiental que se está presentando, identificando de igual forma, el impacto de mayor magnitud sobre el cual se indagó las innovaciones tecnológicas de mitigación de este mismo, esto en contexto nacional e internacional.

8.2.1 Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)

Se realizó la evaluación de los impactos ambientales de los procesos de curtido al cromo y curtido vegetal, basada en la metodología de Conesa-Fernández- Vítora (2011). Esta metodología permitió identificar, evaluar y clasificar los impactos ambientales de cada factor involucrado en estos procesos, teniendo en cuenta los criterios que se describen en las Tabla 2

Tabla 2 Criterios de evaluación de impactos Ambientales

CRITERIOS		SIGNIFICADO
Signo	+/-	Hace alusión al carácter beneficio (+) o perjudicial (-) de las distintas acciones que van actuar sobre los distintos factores considerados
Intensidad	IN	Grado de incidencia de la acción sobre el factor en el ámbito específico en el que actúa. Destrucción total (12) Perturbación alta (radical) (8) Perturbación media (evidente) (4) Perturbación baja (parcial) (1)
Extensión	EX	Área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno de la actividad (% de área, respecto al entorno en que se manifiesta el efecto) Total, o influencia general (8) Extensa o regional (4) Parcial, o un punto en la región de influencia (2) Puntual o local (1)

Momento	MO	Alude al tiempo entre la aparición de la acción que procede el impacto y el comienzo de las afectaciones sobre el factor considerado. Si el tiempo transcurrido es nulo el momento será inmediato, y si es inferior a un año, corto plazo asignándole en ambos casos un valor de (4). Si es un periodo de tiempo mayor a 5 años largo plazo (1)
Persistencia	PE	Tiempo que supuestamente permanecerá el efecto desde su aparición y, a partir del cual el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales previas a la acción por los medios naturales o mediante la introducción de medidas correctoras. Permanente (12) Larga: > de 10 años (8) Media: > de 2 años (4) Corta: > de 6 meses (2) Muy corta: < de 6 meses (1)
Reversibilidad	RV	Se refiere a la posibilidad de reconstrucción del factor afectado, es decir la posibilidad de retomar las condiciones iniciales previas a la acción, por medios naturales una vez deje actuar sobre el medio. 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)
Recuperabilidad	MC	Se refiere a la posibilidad de reconstrucción total o parcial del factor afectado, es decir la posibilidad de retomar a las condiciones iniciales previas a la acción por medio de la intervención humana (ósea mediante la implementación de medidas de manejo ambiental). Irrecuperable: imposible de reparar (8) Mitigable: parcialmente recuperable (4) Recuperable: se puede recuperar (2 – 1)
Sinergia	SI	Este atributo contempla el reforzamiento de dos o más efectos simples. La componente total de la manifestación de los efectos simples, provocados por acciones que actúan simultáneamente, es superior a la que cabría de esperar cuando las acciones provocan actúan de manera independiente no simultánea.
Acumulación	AC	Este atributo da idea del incremento progresivo de la manifestación del efecto cuando persiste de forma continuada o reiterada la acción que lo genera.

Fuente: Guía metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental (Conesa, 2011)

Posteriormente se realizó la matriz de impactos, con una evaluación cualitativa y enfoque subjetivo. Conesa (2011) señala que la matriz de impactos representa una herramienta avanzada para reconocer los efectos, estructurada bajo el esquema causa-efecto y presentada en un formato de tabla de doble entrada.

Después de identificar las posibles alteraciones en la matriz de impactos, se procedió a determinar la relevancia del impacto ambiental que se produce en cada etapa del curtido de pieles sobre un factor ambiental determinado. Esta evaluación se realizó utilizando los criterios establecidos en la Tabla 3 y aplicando la fórmula correspondiente para valorar la importancia del impacto.

Tabla 3 Matriz de cálculo de importancia ambiental

Criterio/Rango	Calificación	Criterio/ Rango	Calificación
Naturaleza -impacto benéfico -impacto potencial	+ -	Intensidad Baja Media Alta Muy alta Total	1 2 4 8 12
Extensión Puntual Parcial Extensa Total Critica	1 2 4 8 (+4)	Momento Largo plazo Mediano plazo Inmediato Critico	1 2 4 (+4)
Persistencia Muy Corta Corta Media Larga Permanente	1 2 4 8 12	Reversibilidad Corto plazo Mediano plazo Largo Plazo	1 2 4
Sinergia Sin sinergismo Sinérgico Muy sinérgico	1 2 4	Acumulación Simple Acumulativo	1 4

Efecto		Periodicidad	
Criterio/Rango	Calificación	Criterio/ Rango	Calificación
Indirecto(secundario)	1	Irregular o aperiódico o discontinuo	1
Directo	4	Periódico	2
		Continuo	4
Recuperabilidad	1	Importancia	
	2	$I=(3IN+2EX+MO+PE+RV+SI+AC+EF+PR+M$	
	4	$C)$	
	8		

Fuente: Guía metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental (Conesa, 2011)

La importancia del impacto puede expresarse en un rango de valores que va desde 13 hasta 100. A continuación, se muestra la escala correspondiente para su evaluación Tabla 4

Tabla 4 Rango de importancia ambiental

IMPORTANCIA	
	i: inferiores a 25 son irrelevantes o compatibles con el ambiente
	m: entre 25 y 50 son impactos moderados
	s: entre 50 y 75 Son severos c: superiores a 75 son críticos
	c: superiores a 75 son críticos

Fuente: Guía metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental (Conesa, 2011)

8.3 Tercera fase

Mediante un comparativo entre las buenas prácticas ambientales que se han venido desarrollando en la industria de las curtiembres para la mitigación de los impactos ambientales generados a causa de este proceso y concorde a la revisión documental realizada, se analizaron las distintas estrategias planteadas dentro de las fuentes bibliográficas consultadas, evaluando dentro del contexto local, la opción más apropiada para incorporar al proceso industrial en la zona de interés, contemplando las condiciones socio-económicas propias del municipio de Villapinzón y de igual forma teniendo en cuenta su aplicabilidad técnica dentro del territorio.

9 Desarrollo

9.1 Identificación de Procesos que causan impacto

Según Greenpace (2012) en el proceso de curtido, se requieren alrededor de 500 kilos de productos químicos para tratar una tonelada de cuero crudo, de los cuales se estima que el 85% no se incorpora al producto final. Además, la mayor parte de los componentes de la piel cruda se elimina, aprovechándose solo el 20% de su peso, mientras que el 80% restante se desecha como residuo. Esto da lugar a la generación de grandes cantidades de residuos sólidos y efluentes líquidos, que contienen una compleja mezcla de compuestos orgánicos e inorgánicos, lo que convierte a la industria en una fuente considerable de contaminación. Para Silva & Salinas (2022)

Las aguas residuales generadas durante el proceso de curtiembre mediante el uso convencional de sales de cromo son una de las principales fuentes de contaminación por cromo en los cuerpos de agua.

En la tabla 5, se observan las concentraciones y cantidades habituales de contaminantes presentes en las aguas residuales generadas durante las distintas fases del proceso de curtido para obtener una tonelada de cuero. Las etapas de Pelambre - encalado y desencalado fueron excluidas por Dixit (2014) , para facilitar la identificación de su aporte específico. Es importante señalar que los datos recopilados corresponden a rangos representativos unificados basados en una revisión de estudios realizados a nivel internacional. En las fases de remojo, pelambre, desencalado, purgado, piquelado, neutralizado, curtido, recurtido y teñido, el impacto predominante es el consumo de agua y el deterioro de la calidad del recurso hídrico, según indican los autores, Villalba (2018) y Cuesta, Velazco & Castro (2018)

Tabla 5 Cantidad de agua residual y carga de contaminación generados por cada etapa durante el proceso de curtido de una tonelada de cuero

Carga contaminante	Carga de operaciones de procesamiento kg/tonelada de cuero					
	Remojo	Pelambre/encalado	Desencalado	Curtido al cromo	Recurtido	Acabado
Agua residual generada (m ³ o kilolitro)	9 – 12	4 – 6	1,5 – 2	1 – 2	1 – 1,5	1 – 2
Sólidos suspendidos (mg SST/L)	11 – 17	53 – 97	8 – 12	5 – 10	6 – 11	0 – 2
DQO (mg O ₂ /L)	22 – 33	79 – 122	13 – 20	7 – 11	24 – 40	0 – 5
DBO ₅ (mg O ₂ /L)	7 – 11	28 – 45	5 – 9	2 – 4	8 – 15	0 – 2
Cromo (mg Cr/L)	–	–	–	2 – 5	1 – 2	–
Sulfuros (mg S ²⁻ /L)	–	3,9 – 8,7	0,1 – 0,3	–	–	–
NH ₃ -N (mg NH ₃ /L)	0,1 – 0,2	0,4 – 0,5	2,6 – 3,9	0,6 – 0,9	0,3 – 0,5	–
Nitrógeno total Kjeldahl (mg N/L)	1 – 2	6 – 8	3 – 5	0,6 – 0,9	1 – 2	–
Cloruros (mg Cl/L)	85 – 13	5 – 15	2 – 4	40 – 60	5 – 10	–
Sulfatos (mg SO ₄ ²⁻ /L)	1 – 2	1 – 2	10 – 26	30 – 55	10 – 25	–

Fuente Toxic hazards of leather industry and technologies to combat threat: a review. (Dixit, 2014). Evaluación de la afectación del río Bogotá causada por el vertimiento generado en un proceso de curtido de pieles, tramo Villapinzón – río Tejar (2018)

Sin embargo, para este estudio, los efluentes de las distintas fases del proceso se recogen y se descargan en un único punto, lo que significa que, en lugar de tratar los efluentes de manera individual, se efectúa un solo vertido al cuerpo de agua receptor.

El análisis de impactos de los procesos de curtido al cromo y curtido vegetal se realizó dividiendo las etapas en procesos, identificando las sustancias que se utilizan en cada proceso, como se evidencia en la Tabla 6, donde se observa que en las etapas de escurrido, rebajado, secado y acabados no se usan sustancias químicas, mientras que en las etapas de desencalado, desengrase y purga es en la que más se usan, sin embargo la etapa de curtido con cromo es la que presenta mayor riesgo para el medio ambiente.

Tabla 6 Identificación de etapas que causan impacto en el proceso de curtido al cromo y agentes vegetales

PROCESO	SUSTANCIAS USADAS EN PROCESO
PRE REMOJO Y REMOJO	Adición de Agua Hidróxido Hipocloritos de sodio Detergentes
CURADO Y DESINFECCION	Ácido Femicol Ácido bórico Sulfato de sodio Bicloruro de mercurio
PELAMBRE	Cal Cloruro de sodio
DESCARNADO	Adición de Agua
DIVIDIDO	Adición de Agua
DESENCALADO DESENGRASE Y PURGA	Ácido Sulfúrico Ácido Clorhídrico Ácido Láctico Ácido Fórmico Ácido Bórico Sales de Aluminio Bisulfito de Sodio Peróxido de hidrogeno Azucars y melazas Ácido sulfoftalico Adición de enzimas Monoclorobenceno Percloroetileno Cloruro de Amonio Detergentes
PIQUELADO	Adición de Agua Acido Fórmico Ácido Sulfúrico
ESCURRIDO	
CURTIDO CON CROMO	Curtido con sales de cromo, Sulfato de Cromo Trivalente Ácido Clorhídrico
CURTIDO CON AGENTES VEGETALES	Agua Alumbre Extracto natural (Encenilloquebracho-mimosa) Bicarbonato de Sodio
REBAJADO	
RECURTIDO	Adición de agua Cloruro de Sodio Sulfato de Cromo
TEÑIDO Y ENGRASE	Adición de Aceites Anilinas Agua Ácidos Orgánicos
SECADO ACABADOS	

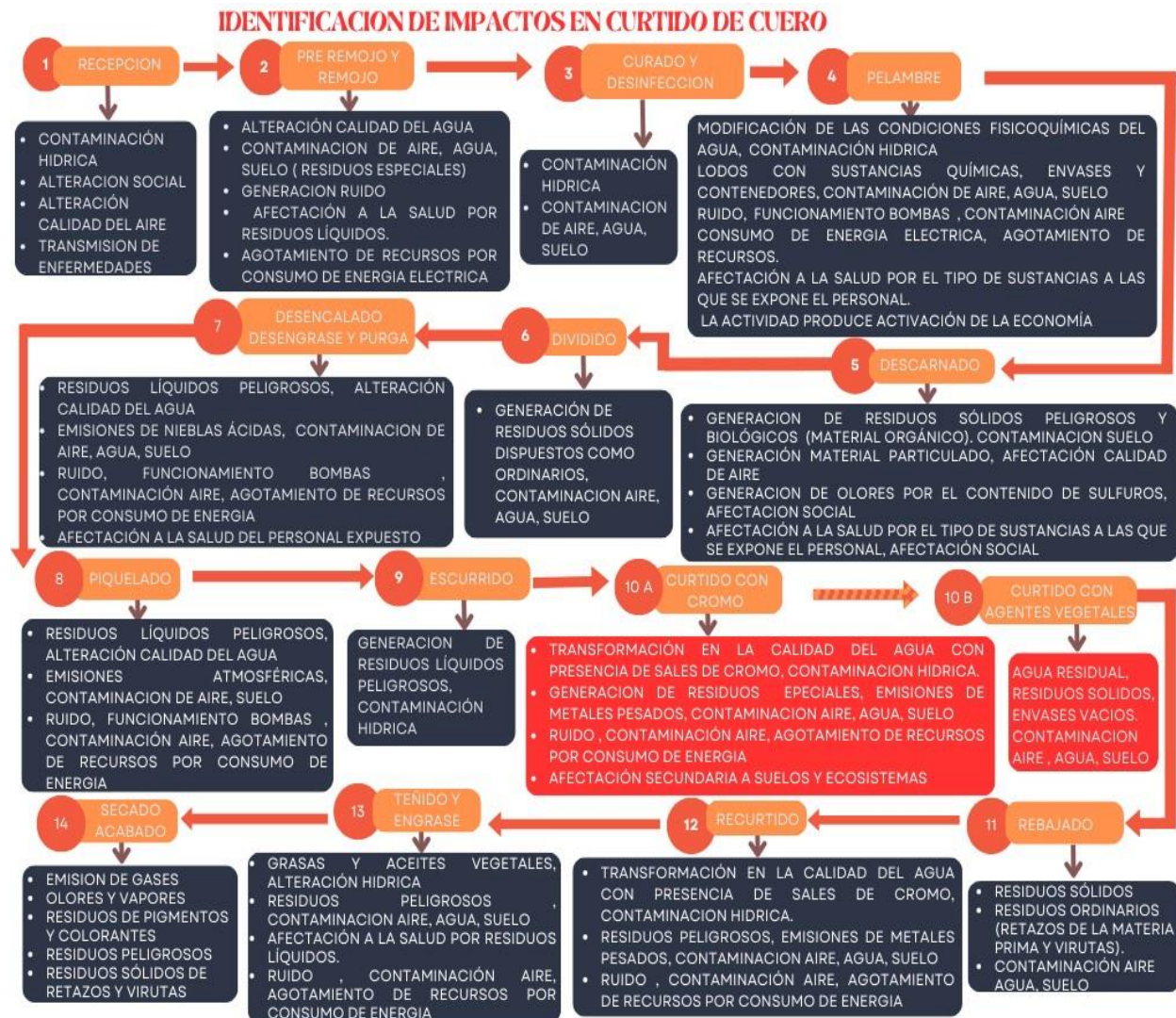
Fuente: Elaboración propia. Información obtenida de Industrias Textiles y de la confección (McCann, 2001). Las Industrias curtiembres y su incidencia en la contaminación del Río Bogotá

(Artuz, Martínez, & Morales, 2015). Contaminación debido a la industria curtiembre (Esparza & Gamboa, 2001). Impacto generado por los vertimientos de las curtiembres superficiales usando pruebas de toxicidad (Barba-Ho, Ballesteros, Patiño, & Ramírez, 2013) Guía para el Desarrollo de actividades de Promoción y Prevención en la Industria de Curtiembre (Social, 2015)

Teniendo en cuenta lo anterior se llevó a cabo la compilación de la información y se generó la identificación de impactos en el curtido de cuero, se analizó cada proceso, donde el recurso ambiental que presenta mayor afectación debido a las acciones con potencial impacto es el agua (Artuz, Martínez, & Morales, 2015). Seguido de residuos sólidos, entre estos residuos se encuentran restos de piel, pelos, grasas y lodos. Esta situación propicia la aparición de vectores, malos olores y enfermedades (Barba-Ho, Ballesteros, Patiño, & Ramírez, 2013). Así como el personal que laboraba en las curtiembres y la población ubicada sobre la cuenca se encuentran expuestos a riesgos para su salud, como se encuentra plasmado en Ilustración 9.

Luego de realizar la identificación de impactos desde la recepción hasta el secado y acabado se llegó a la Matriz de evaluación de impacto ambiental curtido cromo Tabla 7 y Matriz de evaluación de impacto ambiental curtido vegetal Tabla 8, según la metodología planteada de Conesa-Fernández- Vítora (2011), siendo la alteración en la calidad del agua el más relevante, resaltado en color rojo como crítico y de mayor impacto en el proceso de curtido con cromo.

Ilustración 8 Identificación de impactos en curtido de cuero



Fuente: Elaboración propia. Información obtenida de Industrias Textiles y de la confección (McCann, 2001). Las Industrias curtiembres y su incidencia en la contaminación del Río Bogotá (Artuz, Martínez, & Morales, 2015). Contaminación debido a la industria curtiembre (Esparza & Gamboa, 2001). Impacto generado por los vertimientos de las curtiembres superficiales usando pruebas de toxicidad (Barba-Ho, Ballesteros, Patiño, & Ramírez, 2013) Guía para el Desarrollo de actividades de Promoción y Prevención en la Industria de Curtiembre (Social, 2015)

Tabla 7 Matriz de Aspectos e Impactos Ambientales Curtido con Cromo

IDENTIFICACION				EVALUACIÓN											
PROCESO	ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	CLAS E (+/-)	Intensidad	Extensión	Momento	Persistencia	Reversibilidad	Recuperabilidad	Sinergia	Acumulación	Periodicidad	Importancia Ambiental	Tipo de Impacto	
	DESCRIPCION	DESCRIPCION													
RECEPCION	Generación de Lixiviados	Contaminación Hídrica	-	4	4	4	4	2	2	4	4	4	4	48	M
	Generación de olores	Alteración Social	-	8	2	4	1	1	1	4	1	4	4	48	M
	Generación de partículas	Alteración calidad del aire	-	2	2	2	1	1	1	2	1	2	2	22	I
	Proliferación de vectores	Alteración Social	-	4	4	2	2	1	1	4	4	1	4	39	M
PRE REMOJO REMOJO	Modificación de las condiciones fisicoquímicas del agua	Alteración calidad del agua	-	8	8	4	8	4	4	4	4	4	4	76	C
	Generación de residuos especiales	Contaminación aire, agua, suelo	-	4	2	4	2	2	1	4	1	4	2	36	M
	Generación ruido	Alteración calidad del aire	-	4	2	4	1	1	1	2	1	4	2	32	M
	Consumo de Energía eléctrica	Agotamiento de recursos	-	8	8	4	8	2	4	4	4	4	2	72	S
	Generación de Residuos líquidos	Afectación a la salud	-	4	4	4	2	2	2	4	4	4	4	46	M
CURADO Y DESINFECCION	Generación agua residual	Contaminación Hídrica	-	8	4	4	4	2	2	4	4	4	4	60	S
	Generación residuos sólido y envases vacíos	Contaminación aire, agua, suelo	-	4	4	2	4	2	2	4	1	4	2	41	M
PELAMBRE	Modificación de las condiciones fisicoquímicas del agua	Contaminación Hídrica	-	8	8	4	8	4	4	4	4	4	4	76	C
	Generación de lodos con sustancias químicas, envases y contenedores	Contaminación aire, agua, suelo	-	8	8	4	2	2	2	4	1	4	4	63	S
	Generación ruido, funcionamiento de bombas	Alteración calidad del aire	-	4	2	4	1	1	1	2	1	4	2	32	M
	Consumo de Energía eléctrica	Agotamiento de recursos	-	8	8	4	8	2	4	4	4	4	2	72	S
	Exposición del personal a sustancias químicas	Alteración Social	-	8	4	4	2	2	1	4	4	4	4	57	S
DESCARNADO	Generación residuos sólido y biológicos	Contaminación agua y suelo	-	8	4	2	4	2	2	4	1	4	4	55	S
	Generación de partículas (restos de pelo)	Alteración calidad del aire	-	2	2	2	1	1	1	2	1	2	2	22	I
	Generación de olores	Alteración Social	-	8	2	4	1	1	1	4	1	4	2	46	M
	Exposición del personal a sustancias químicas	Alteración Social	-	4	4	4	2	2	1	4	4	4	4	45	M
DIVIDIDO	Generación residuos sólidos dispuestos como ordinarios	Contaminación aire, agua, suelo	-	4	4	2	2	2	2	4	1	4	4	41	M
DESENCALADO, DESENGRASE Y PURGA	Generación de Residuos líquidos peligrosos	Alteración calidad del agua	-	8	8	4	8	4	4	4	4	4	4	76	C
	Emisión de nieblas acidas	Contaminación aire, agua, suelo	-	8	4	4	4	2	2	4	4	4	4	60	S
	Generación ruido, funcionamiento de bombas	Alteración calidad del aire	-	4	2	4	1	1	1	2	1	4	2	32	M
	Consumo de Energía eléctrica	Agotamiento de recursos	-	8	8	4	8	2	4	4	4	4	2	72	S
PIQUELADO	Exposición del personal a sustancias químicas	Alteración Social	-	4	4	4	2	2	1	4	4	4	4	45	M
	Generación de Residuos líquidos peligrosos	Alteración calidad del agua	-	8	8	4	8	4	4	4	4	4	4	76	C
	Emisiones atmosféricas	Alteración calidad del aire	-	4	2	4	4	2	2	4	1	4	4	41	M
	Generación ruido, funcionamiento de bombas	Alteración calidad del aire	-	4	2	4	1	1	1	2	1	4	2	32	M
ESCURRIDO	Consumo de Energía eléctrica	Agotamiento de recursos	-	8	8	4	8	2	4	4	4	4	2	72	S
	Generación de Residuos líquidos peligrosos	Contaminación Hídrica	-	8	8	4	8	4	4	4	4	4	4	76	C
CURTIDO CON CROMO	Modificación de la calidad del agua (Sales de Cromo)	Contaminación Hídrica	-	12	8	4	8	4	4	4	4	4	4	88	C
	Generación de residuos especiales (emisión de metales pesados)	Contaminación aire, agua, suelo	-	8	8	4	8	4	4	4	4	4	4	76	C
	Generación ruido, funcionamiento de bombas	Alteración calidad del aire	-	4	2	4	1	1	1	2	1	4	2	32	M
	Consumo de Energía eléctrica	Agotamiento de recursos	-	8	8	4	8	2	4	4	4	4	2	72	S
	Disminución de especies animales o vegetales en la zona	Afectación a suelos y ecosistemas	-	4	4	4	4	4	2	4	4	4	4	50	M
REBAJADO	Generación de residuos sólidos, ordinarios (retazos de la materia prima y virutas)	Contaminación aire, agua, suelo	-	4	2	4	2	2	2	4	4	4	4	42	M
RECURTIDO	Modificación de la calidad del agua (Sales de Cromo)	Contaminación Hídrica	-	12	8	4	8	4	4	4	4	4	4	88	C
	Generación de residuos especiales (emisión de metales pesados)	Contaminación aire, agua, suelo	-	8	8	4	8	4	4	4	4	4	4	76	C
	Generación ruido, funcionamiento de bombas	Alteración calidad del aire	-	4	2	4	1	1	1	2	1	4	2	32	M
	Consumo de Energía eléctrica	Agotamiento de recursos	-	2	2	4	1	1	1	2	1	4	2	26	M
	Disminución de especies animales o vegetales en la zona	Afectación a suelos y ecosistemas	-	4	4	4	4	4	2	4	4	4	4	50	M
TEÑIDO Y ENGRASE	Generación grasas y aceites vegetales	Contaminación Hídrica	-	8	4	4	4	2	2	2	1	4	4	55	S
	Generación residuos peligrosos	Contaminación aire, agua, suelo	-	8	4	2	2	2	2	2	1	4	4	51	S
	Generación de lixiviados	Alteración Social	-	8	4	4	4	2	2	4	4	4	4	60	S
	Generación ruido, funcionamiento de bombas	Alteración calidad del aire	-	4	2	4	1	1	1	2	1	4	2	32	M
	Consumo de Energía eléctrica	Agotamiento de recursos	-	8	8	4	8	2	4	4	4	4	2	72	S
SECADO ACABADO	Emisión de gases, olores y vapores	Contaminación aire, agua, suelo	-	4	4	4	2	1	2	4	4	4	4	45	M
	Generación de residuos pigmentos y colorantes	Contaminación Hídrica	-	4	4	4	2	1	1	2	4	4	4	42	M
	Generación de residuos peligrosos, generación de residuos sólidos, ordinarios (retazos de la materia prima y virutas)	Contaminación aire, agua, suelo	-	4	2	4	2	2	2	4	4	4	4	42	M

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8 Matriz de Aspectos e Impactos Ambientales Curtido Vegetal

IDENTIFICACION				EVALUACIÓN											
PROCESO	ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL		Intensidad	Extensión	Momento	Persistencia	Reversibilidad	Recuperabilidad	Sinergia	Acumulación	Efecto	Periodicidad	Importancia Ambiental	Tipo de Impacto
	DESCRIPCION	DESCRIPCION	CLASE (+/-)												
RECEPCION	Generación de Lixiviados	Contaminación Hídrica	-	4	4	4	4	2	2	4	4	4	4	48	M
	Generación de olores	Alteración Social	-	8	2	4	1	1	1	4	1	4	4	48	M
	Generación de partículas	Alteración calidad del aire	-	2	2	2	1	1	1	2	1	2	2	22	I
	Proliferación de vectores	Alteración Social	-	4	4	2	2	1	1	4	4	1	4	39	M
PRE REMOJO REMOJO	Modificación de las condiciones fisicoquímicas del agua	Alteración calidad del agua	-	8	8	4	8	4	4	4	4	4	4	76	C
	Generación de residuos especiales	Contaminación aire, agua, suelo	-	4	2	4	2	2	1	4	1	4	2	36	M
	Generación ruido	Alteración calidad del aire	-	4	2	4	1	1	1	2	1	4	2	32	M
	Consumo de Energía eléctrica	Agotamiento de recursos	-	8	8	4	8	2	4	4	4	4	2	72	S
	Generación de Residuos líquidos	Alteración Social	-	4	4	4	2	2	2	4	4	4	4	46	M
CURADO Y DESINFECCION	Generación agua residual	Contaminación Hídrica	-	8	4	4	4	2	2	4	4	4	4	60	S
	Generación residuos sólido y envases vacíos	Contaminación aire, agua, suelo	-	4	4	2	4	2	2	4	1	4	2	41	M
PELAMBRE	Modificación de las condiciones fisicoquímicas del agua	Contaminación Hídrica	-	8	8	4	8	4	4	4	4	4	4	76	C
	Generación de lodos con sustancias químicas, envases y contenedores	Contaminación aire, agua, suelo	-	8	8	4	2	2	2	4	1	4	4	63	S
	Generación ruido, funcionamiento de bombas	Alteración calidad del aire	-	4	2	4	1	1	1	2	1	4	2	32	M
	Consumo de Energía eléctrica	Agotamiento de recursos	-	8	8	4	8	2	4	4	4	4	2	72	S
	Exposición del personal a sustancias químicas	Alteración Social	-	8	4	4	2	2	1	4	4	4	4	57	S
DESCARNADO	Generación residuos sólido y biológicos	Contaminación agua y suelo	-	8	4	2	4	2	2	4	1	4	4	55	S
	Generación de partículas (restos de pelo)	Alteración calidad del aire	-	2	2	2	1	1	1	2	1	2	2	22	I
	Generación de olores	Alteración Social	-	8	2	4	1	1	1	4	1	4	2	46	M
	Exposición del personal a sustancias químicas	Alteración Social	-	4	4	4	2	2	1	4	4	4	4	45	M
DIVIDIDO	Generación residuos sólidos dispuestos como ordinarios	Contaminación aire, agua, suelo	-	4	4	2	2	2	2	4	1	4	4	41	M
DESENCALADO, DESENGRASE Y PURGA	Generación de Residuos líquidos peligrosos	Alteración calidad del agua	-	8	8	4	8	4	4	4	4	4	4	76	C
	Emisión de nieblas acidas	Contaminación aire, agua, suelo	-	8	4	4	4	2	2	4	4	4	4	60	S
	Generación ruido, funcionamiento de bombas	Alteración calidad del aire	-	4	2	4	1	1	1	2	1	4	2	32	M
	Consumo de Energía eléctrica	Agotamiento de recursos	-	8	8	4	8	2	4	4	4	4	2	72	S
	Exposición del personal a sustancias químicas	Alteración Social	-	4	4	4	2	2	1	4	4	4	4	45	M
PIQUELADO	Generación de Residuos líquidos peligrosos	Alteración calidad del agua	-	8	8	4	8	4	4	4	4	4	4	76	C
	Emisiones atmosféricas	Contaminación agua y suelo	-	4	2	4	4	2	2	4	1	4	4	41	M
	Generación ruido, funcionamiento de bombas	Alteración calidad del aire	-	4	2	4	1	1	1	2	1	4	2	32	M
	Consumo de Energía eléctrica	Agotamiento de recursos	-	8	8	4	8	2	4	4	4	4	2	72	S
ESCURRIDO	Generación de Residuos líquidos peligrosos	Contaminación Hídrica	-	8	8	4	8	4	4	4	4	4	4	76	C
CURTIDO VEGETAL	Generación agua residual	Contaminación Hídrica	-	8	4	4	4	2	2	4	4	4	4	60	S
	Generación residuos sólido y biológicos	Contaminación aire, agua y suelo	-	8	4	2	4	2	2	4	1	4	4	55	S
	Generación ruido, funcionamiento de bombas	Alteración calidad del aire	-	4	2	4	1	1	1	2	1	4	2	32	M
	Consumo de Energía eléctrica	Agotamiento de recursos	-	8	8	4	8	2	4	4	4	4	2	72	S
	Disminución de especies animales o vegetales en la zona	Afectación a suelos y ecosistemas	-	4	4	4	4	4	2	4	4	4	4	50	M
REBAJADO	Generación de residuos sólidos, ordinarios (retazos de la materia prima y virutas)	Contaminación aire, agua, suelo	-	4	2	4	2	2	2	4	4	4	4	42	M
RECURTIDO	Generación agua residual	Contaminación Hídrica	-	8	4	4	4	2	2	4	4	4	4	60	S
	Generación residuos sólido y biológicos	Contaminación aire, agua y suelo	-	8	4	2	4	2	2	4	1	4	4	55	S
	Generación ruido, funcionamiento de bombas	Alteración calidad del aire	-	4	2	4	1	1	1	2	1	4	2	32	M
	Consumo de Energía eléctrica	Agotamiento de recursos	-	8	8	4	8	2	4	4	4	4	2	72	S
	Disminución de especies animales o vegetales en la zona	Afectación a suelos y ecosistemas	-	4	4	4	4	4	2	4	4	4	4	50	M
TEÑIDO Y ENGRASE	Generación grasas y aceites vegetales	Contaminación Hídrica	-	8	4	4	4	2	2	2	1	4	4	55	S
	Generación residuos peligrosos	Contaminación aire, agua, suelo	-	8	4	2	2	2	2	2	1	4	4	51	S
	Generación de lixiviados	Afectación a la salud	-	8	4	4	4	2	2	4	4	4	4	60	S
	Generación ruido, funcionamiento de bombas	Alteración calidad del aire	-	4	2	4	1	1	1	2	1	4	2	32	M
	Consumo de Energía eléctrica	Agotamiento de recursos	-	8	8	4	8	2	4	4	4	4	2	72	S
SECADO ACABADO	Emisión de gases, olores y vapores	Contaminación aire, agua, suelo	-	4	4	4	2	1	2	4	4	4	4	45	M
	Generación de residuos pigmentos y colorantes	Contaminación Hídrica	-	4	4	4	2	1	1	2	4	4	4	42	M
	Generación de residuos peligrosos, generación de residuos sólidos, ordinarios (retazos de la materia prima y virutas)	Contaminación aire, agua, suelo	-	4	2	4	2	2	2	4	4	4	4	42	M

Fuente: Elaboración propia

9.2 Análisis de Resultados

Se identificó que el componente ambiental con impacto crítico de mayor recurrencia es el agua, debido al consumo y modificación de la calidad físico-química del recurso hídrico, mediante vertimientos a los cuerpos de agua. Según la guía para el desarrollo de las actividades de promoción y prevención en la industria de las curtiembres expedida por el Ministerio de salud y protección social (2015) evidencia que los procesos de pre remojo y remojo, curado y desinfección, pelambre, dividido, desescalado, desengrase y purga, escurrido, curtido con cromo y curtido vegetal, aportan el 90 % de la carga contaminante a las fuentes hídricas, alta concentración de materia orgánica (DQO y DBO5), grasas y aceites, sólidos, cromo y sulfuros.

Para Esparza & Gamboa (2001) la presencia de sulfuros y cromo, incrementan el grado de toxicidad de estas descargas.

Barba-HO, Ballesteros, Patiño & Ramírez (2013) indican que la alta toxicidad presente en el proceso productivo de curtido es debido a la gran cantidad de sustancias químicas nocivas utilizadas, resaltando las sustancias altamente alcalinas que afectan el pH del agua en las salidas de los procesos de pre-remojo, remojo, pelambre y desescalado y concuerdan con los autores anteriores que los procesos con mayor impacto son el pelambre y curtido con cromo, puesto que estas industrias realizan sus vertimientos a los cuerpos de agua, generando un fuerte impacto sobre el ecosistema acuático.

Según Castiblanco, Llamosa & Rincón (2020) el cromo, liberado durante el proceso, es especialmente dañino para los ecosistemas acuáticos, ya que se precipita rápidamente y se adhiere a partículas y sedimentos, acumulándose en los peces que se alimentan del fondo, lo que aumenta la contaminación del agua, la importancia del cromo en el proceso de curtido es porque estabiliza de manera permanente la estructura de la piel, previniendo su descomposición causada por

microorganismos. También le da un color azul-verde distintivo, lo que hace que el cuero wet-blue sea el más exportado a países de Europa y Asia.

El recurso suelo se ve afectado e identificado como impacto severo, por la generación y disposición de lodos y residuos peligrosos, tanto del proceso como del tratamiento de aguas. Así lo afirman Cuesta, Velazco & Castro (2018), el impacto negativo identificado en el componente suelo es el cambio en sus propiedades fisicoquímicas, resultado de las actividades relacionadas con la generación, manejo, traslado y disposición final de lodos y residuos peligrosos provenientes del tratamiento de aguas residuales.

Según Artuz, Martínez & Morales (2015) las curtiembres modifican la estructura del suelo y textura, lo que acelera la erosión y disminuye su capacidad de absorber agua. Esto afecta el sistema de drenaje natural, ya que los contaminantes se trasladan de forma más lenta hacia las zonas de recarga, tanto superficiales como subterráneas.

El recurso aire se identificó con impacto moderado, debido a la emisión de olores provenientes de la descomposición de materia orgánica en las pieles crudas, el uso de productos químicos generando gases tóxicos y ruido generado por la utilización de máquinas.

Para Cuesta, Velazco & Castro (2018) en las fases de remojo, pelambre, desencalado y purga, se emiten olores ocasionados por la descomposición de componentes orgánicos como proteínas y sangre en las pieles crudas, así como por la utilización de sulfuro de sodio.

Y según Esparza & Gamboa (2001) alteración de la calidad del aire proviene de la liberación de sulfuro de hidrógeno, generado por los efluentes que contienen sulfuros y la descomposición anaeróbica en los tanques de sedimentación. Además, se emiten amoníaco y vapores de solventes, los cuales no solo contribuyen al mal olor, sino que también son sustancias peligrosas

Los ecosistemas se ven afectados por impacto moderado, por disminución de especies animales o vegetales en la zona. Greenpeace (2012) afirma que el Cromo Hexavalente (Cr6) ha sido identificado como una sustancia cancerígena (Medina, 2013) y de difícil degradación biológica, debido a su alta persistencia en el medio ambiente y los efectos impredecibles que puede causar en los ecosistemas acuáticos.

En cuanto al componente social se identificó como moderado, por la afectación a la salud de la comunidad aledaña, y el riesgo laboral por manejo de insumos químicos, riesgo de infección, accidentes, entre otros. Teniendo en cuenta este componente es importante resaltar que este tiene un impacto positivo en cuanto a la activación económica de la región.

De acuerdo con McCann (2001), las curtiembres presentan múltiples riesgos laborales, incluyendo infecciones, accidentes, peligros mecánicos y ergonómicos, así como exposición a polvo. No obstante, el principal riesgo es el químico, debido al uso intensivo de sustancias como taninos, álcalis, ácidos, desinfectantes y disolventes, los cuales son irritantes y pueden provocar afecciones en la piel, como dermatitis por contacto, y en las vías respiratorias, como bronquitis.

En el proceso de curtido con extractos vegetales, los impactos ambientales críticos disminuyeron, así como los severos, debido a que el consumo de agua en las etapas de lavado y curtido, es 80% inferior al del proceso de curtido al cromo. Para Curtidos Menacho (2023) El curtido vegetal presenta ventajas en la reducción de impactos ambientales y sociales, ya que este proceso no usa productos químicos nocivos, sin embargo, este tipo de curtido resulta más costoso que el curtido con cromo ya que requiere de mayor tiempo por ser un proceso lento y gran parte de los residuos sólidos podrían ser aprovechada si se implementaran prácticas de reutilización, compostaje o reciclaje.

La evaluación de impacto ambiental de curtido con cromo arroja que gran parte de sus procesos son causantes de impactos críticos y significativos. Por lo que se sugiere implementar medidas de prevención, mitigación y compensación.

Entre estas medidas se encuentra el tratamiento de aguas residuales ya que es fundamental en todo proceso industrial, comercial y corporativo, permitiendo tener control sobre los residuos con un valor importante a nivel de reúso, recuperación y regeneración, las aguas residuales típicas de las curtidurías presentan una muy alta concentración en carga orgánica (DQO) biodegradable y alto contenido en nitrógeno, ya que la piel se conforma de proteínas, queratinas, grasas, entre otros. En las curtiembres existen dos opciones de recolección y tratamiento de aguas residuales:

- Tratamiento por separado del agua residual generada en cada etapa del proceso productivo. Cada planta se diseña especialmente según de donde provenga el agua residual: ribera, curtición o acabado.
- Mezcla y homogeneización de todos los vertidos generados en cada etapa y tratamiento conjunto del agua residual global. Esta es la opción más habitual, ya que implica la instalación de una sola planta de tratamiento de agua en lugar de una planta por vertido.

Estos tratamientos se clasifican en procesos físicos, químicos y biológicos, los cuales son los más usados en el medio de las curtiembres ya que cada uno cumple una función específica en el sistema de aguas residuales; el proceso físico se utilizan procesos como la sedimentación, filtración y flotación para eliminar partículas sólidas y otros contaminantes sin la necesidad de productos químicos. En el proceso químico se utilizan sustancias químicas para mejorar la calidad del agua, eliminando contaminantes como metales pesados, materia orgánica y microorganismos, a través de procesos como la neutralización, desinfección y precipitación y el proceso biológico utiliza microorganismos, como bacterias, para degradar la materia orgánica y nutrientes,

reduciendo la contaminación y mejorando la calidad del agua para su reutilización o descarga al medio ambiente, estos tres procesos se integran entre sí para reutilizar el agua y así evitar desabastecimiento en las zonas donde se trabajan los curtidos de pieles, o más específicamente en Villapinzón.

9.3 Buenas prácticas ambientales

9.3.1 Implementación de la RSE

Las implementaciones de la RSE en las empresas de curtiembres en el país de Ecuador cada vez más se hacen más comunes, puesto que no solo mitigan los impactos ambientales generados por estas actividades, sino que también minimizan de forma considerable el costo de estas actividades.

Según Jarrin & Diana (2017) a través de un modelo para la correcta determinación de costos que ayude a determinar correctamente los costos de producción que interviene en el proceso de curtición del cuero y la responsabilidad social empresarial necesaria para llevar una relación beneficiosa con el medio ambiente y su entorno empresarial.

9.3.2 Proceso de recirculación

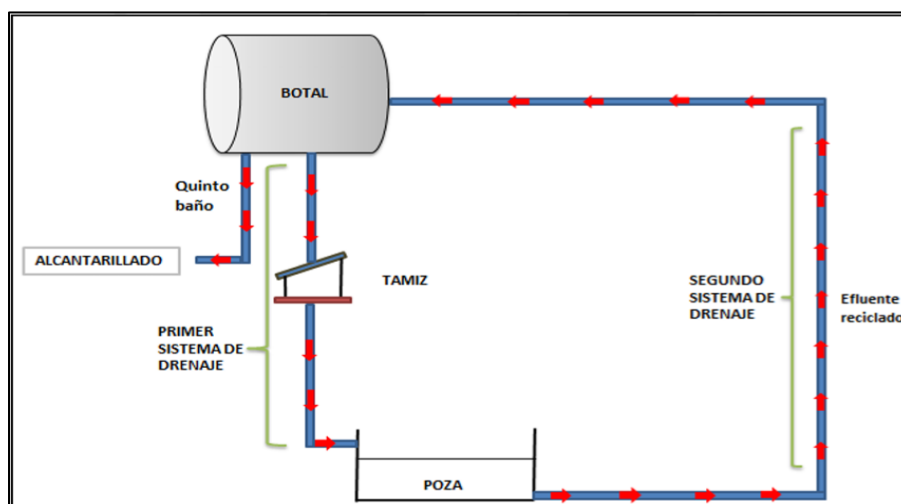
Como es bien sabido en los procesos de remojo, pelambre y curtido en la industria de las curtiembres existe un gasto excesivo de agua que no se aprovecha de la mejor manera y terminan en el alcantarillado generando un gran impacto ambiental negativo. Existen empresas en Trujillo (Perú) que cuentan con un recurso financiero y tecnología de punta que permite reutilizar el agua de forma indefinida, pero este no es nuestro caso ya que de una manera más artesanal se puede reutilizar el líquido de 4 a 5 veces (Cuenca, 2013).

Para implementarla es necesario construir tres pozos subterráneos con una capacidad mínima de nueve metros cúbicos cada uno, y almacenar allí el agua de cada uno de los procesos anteriormente nombrados.

Según (Cuenca, 2013) los pozos subterráneos de recirculación deben tener una capacidad mínima de nueve metros cúbicos, las cuales deben estar cerca a los procesos de ribera, esto para tener un mejor control y poder actuar de inmediato, en caso de que pueda suceder algún inconveniente. En la ilustración 10 se puede observar que las pozas deben tener dos sistemas de drenaje, el primero debe ser para que una vez que se terminen de realizar los primeros baños de cada proceso (remojo, pelambre y curtido) pasen por un sistema de drenaje directamente a las pozas para ser almacenadas, el segundo sistema debe ser por unas tuberías por las cuales se bombee el baño almacenado hacia los botaes respectivos, para su nueva utilización. Cada poza debe tener sus propios sistemas de drenaje y de bombeo.

Es de suma importancia utilizar filtros para así poder retener pelajes, heces y de este modo evitar que recirculen en dichos pozos de almacenamiento. De este modo se reduce de forma considerable el gasto del agua y el uso de reactores químicos a partir del segundo baño que se le dé a las pieles. A continuación, se observa una gráfica que muestra el proceso de recirculación.

Ilustración 9 Proceso de recirculación



Fuente (Cuenca, 2013)

Tabla 9 Ahorro respecto al uso de químicos

1ER BANO

PROCESO	INSUMOS	CANTIDAD	PRECIO UNIT	TOTAL (S/.)
REMOJO	Humectante	10 Kg.	2,50	66,25
	Soda caustica	4,5 Kg.	1,30	15,50
	Enzima de remojo	4,5 Kg.	3,95	47,10
	Agua	3 m3	3,02	24,00
LAVADO 1	Agua	1 m3	3,02	8,00
PELAMBRE	Sulfuro de sodio	60 Kg.	1,15	182,85
	Cal	90 Kg.	0,20	47,70
	Amina de pelambre	15 Kg.	3,00	119,25
	Agua	2 m3	3,02	16,00
LAVADO 2	Agua	2 m3	3,02	16,00
CURTIDO	Sulfato de amonio	23 Kg.	0,42	25,60
	Bisulfito de sodio	4,5 Kg.	0,99	11,81
	Desengrasante	2,5 Kg.	3,20	21,20
	Enzilon	1,8 Kg.	3,00	14,31
	Sal industrial	105 Kg.	0,08	21,15
	Acido formico	33 Kg.	1,65	144,29
	Cromo	100 Kg.	2,15	569,75
	Cromeno FB	6,7 Kg.	3,65	64,81
LAVADO 3	Agua	1,5 m3	3,02	12,00
	Agua	1,5 m3	3,02	12,00
COSTO TOTAL POR LOTE (S/.)				1428

2DO BANO (es igual para el 3ro, 4to y 5to baño)

INSUMOS	CANTIDAD	PRECIO UNIT (S)	TOTAL (S/.)
Humectante	5 Kg.	2,50	33,13
Soda caustica	2,25 Kg.	1,30	7,75
Enzima de remojo	2,25 Kg.	3,95	23,55
Agua	0 m3	3,02	0,00
Agua	1 m3	3,02	8,00
Sulfuro de sodio	30 Kg.	1,15	91,43
Cal	45 Kg.	0,20	23,85
Amina de pelambre	7,5 Kg.	3,00	59,63
Agua	0 m3	3,02	0,00
Agua	2 m3	3,02	16,00
Sulfato de amonio	23 Kg.	0,42	25,60
Bisulfito de sodio	4,5 Kg.	0,99	11,81
Desengrasante	2,5 Kg.	3,20	21,20
Enzilon	1,8 Kg.	3,00	14,31
Sal industrial	73,5 Kg.	0,08	14,80
Acido formico	33 Kg.	1,65	144,29
Cromo	70 Kg.	2,15	398,83
Cromeno FB	4,69 Kg.	3,65	45,36
Agua	0 m3	3,02	0,00
Agua	1 m3	3,02	8,00
COSTO TOTAL POR LOTE (S/.)			940

Fuente (Cuenca, 2013)

9.3.3 Ecotecnología

Según estudios realizados por la Universidad Nacional de Trujillo toda actividad industrial genera residuos, y la industria de las curtiembres es un gran productor de ellos, lo que se debe hacer es minimizar de forma significativa los impactos negativos a la salud y al medio ambiente.

En este sector del país las empresas relacionadas con cueros han venido implementando las ecotecnologías con la finalidad de reducir los impactos ambientales generados durante el proceso de curtido de pieles. Según (Villanueva, 2011) las ecotecnologías, también denominadas “tecnologías verdes”, consisten en el rediseño o ajustes de procesos, operaciones y productos del sistema industrial para evitar o reducir al mínimo la producción de residuos. No se considera como un aumento de costos y reducción de utilidades, sino que evitan las implicancias de controlar la contaminación.

Esta implementación consiste en adecuar los procesos de:

- Antes del pelambre del cuero se hace un descarnado de los mismos, de esta manera se estará ahorrando el 25% de las sustancias químicas que normalmente son utilizadas.
- Durante el proceso de remoción de pelo se realiza una previa filtración o decantación del mismo, logrando una demanda química del 50% menos durante este proceso.
- El proceso de curtido tiene como finalidad fijar al cuero la mayor proporción posible de cromo. Se ha demostrado que, al aplicar baños sucesivos para agotar el cromo residual, es posible reducir su presencia en el efluente final hasta en un 25 %, lo cual contribuye a mitigar el impacto ambiental del proceso.

9.3.4 Integración de procesos

Europa no es la excepción respecto al tema de las curtiembres y su gran impacto ambiental negativo, día atrás día crece más esta industria en el viejo continente debido al crecimiento en la producción y consumo de cueros caprinos, ovinos y bovinos.

Italia es uno de los principales productores de cuero en Europa, y debido al gran mercado que este genera el gobierno les exige la implementación de buenas prácticas con la finalidad de preservar el medio ambiente. Para ello se vive en la búsqueda constante de prácticas ambientalmente amigables, sin que se vea afectada la producción. Según Martínez & Romero (2016) para lograr este objetivo se han propuesto varias acciones: sustitución de sustancias contaminantes como: colorantes en polvo con líquidos para reducir emisiones; selección de colorantes y otras sustancias que tengan menos impacto en el medio ambiente; sustitución de colorantes fáciles de agotar y sustitución de colorantes con altos niveles de sales y sustitución de sales halogenadas por sulfatos de vinilo reduciendo la carga de AOX (sustancias organohalogenadas).

De acuerdo con Martínez & Romero (2016), es necesario realizar la integración de procesos. En esta etapa se requieren buenas prácticas para la reducción de sustancias: curado y remojo del cuero sin utilización de sal; pelambre y encalado, se pueden reducir COD (carbono orgánico total); mejoramiento en la utilización de la cal para darle valor a los residuos del proceso; decapado, la más común es la unidad de reciclaje del sulfato cromo en el cual se recicla y reemplaza entre un 20-35% del cromo nuevo que entra en el proceso, esta unidad es capaz de reciclar el 100% del cromo residual generado, y lavado de pieles de manera natural por medio de lluvia, generando un ahorro significativo en el consumo de agua, sujeto a condiciones climáticas.

Para lograr el objetivo propuesto es necesario darles un buen uso y manejo a las aguas residuales con el fin de generar menos consumo y extender los tratamientos que se realizan durante

las fases, que son las de penetramiento, precipitación de cromo y por último la de tratamiento biológico, que es la más importante del proceso ya que es acá donde se encuentran los lodos activados con nitrificación desnitrificación (Martinez & Romero, 2016).

Finalmente, para la disposición del desecho generado es recomendable concentrarlo por medio de extracción de agua preferiblemente al sol o por prensa, debido al alto costo energético que podría llevar (Martinez & Romero, 2016). Y de esta forma realizar la disposición teniendo en cuenta que están catalogados como residuos peligrosos RESPEL, se debe realizar la gestión ante una empresa acreditada por el IDEAM para su disposición.

9.3.5 Biorremediación

La contaminación generada por el gremio industrial deriva en gran parte por la utilización de metales pesados, como lo es el Cromo y de acuerdo con Campo (2011), suelen acumularse y/o transformarse en el ambiente, constituyéndose en altamente peligrosos por el riesgo de toxicidad hacia los organismos vivos.

El Cromo se utiliza en esta industria para el curtido de cuero, debido a que es mucho más eficiente que utilizar agentes vegetales, esto con el fin de convertirlo en material estable, evitando su degradación durante el proceso y después del mismo.

Estudios revelan que el 32% del Cromo mundial es consumido por la industria de las curtiembres, generando un gran impacto ambiental negativo (Campo, 2011).

Durante las últimas dos décadas se han desarrollado estrategias para eliminar el Cromo del lodo en las curtiembres, pero esto no ha sido posible debido a los altos costos que demanda y a la parte logística. Según Campo (2011) se plantea aplicar métodos biotecnológicos, con microorganismos capaces de sedimentar el metal pesado por mecanismos de biolixiviación que han mostrado ser más económicos que los métodos químicos, disminuyendo en un 80% los costos

de funcionamiento. Se propone aplicar métodos de biorremediación para precipitación y recuperación del metal pesado en el sector de las curtiembres, con un enfoque preventivo con el que se busca incrementar la eficiencia en el manejo de los recursos naturales, humanos y financieros.

9.4 Modelo sugerido a implementar

A nivel internacional se han venido implementando modelos de buenas prácticas ambientales en las curtiembres, que buscan de algún modo minimizar el impacto ambiental generado en las fuentes hídricas y las afectaciones a la salud reflejadas en los trabajadores. Estos modelos son el modelo de Donna Wood y la Pirámide de Carroll. Estos modelos buscan implementar en las empresas metodologías en pro de su desarrollo.

9.4.1 Modelo de Donna Wood

Paniagua (2009) considera, de manera explícita, la percepción medioambiental que la sociedad tiene de la empresa, este modelo abarca una metodología de responsabilidad social, tales como; procesos de receptividad social, políticas, programas y resultados observables de una organización de negocios, y tres principios los cuales son:

- **Principio institucional:** Se remite a la legitimidad, que es el desempeño de la empresa en un marco de legalidad, que da cumplimiento a la normatividad ambiental colombiana.
- **Principio organizacional:** Se responde por los efectos que se generan a la comunidad y al medio natural.
- **Principio individual:** Consiste en la discreción en la selección de una metodología para evaluar los daños ambientales, y la definición de planes de manejo ambiental.

9.4.2 Pirámide de Carroll

Distingue cuatro tipos de acciones o responsabilidades en RSE, estas dependen sucesivamente unas de otras, en la que se encuentran las económicas, legales, éticas y filantrópicas.

- **Responsabilidades Económicas:** Busca ser rentable para los accionistas, entregar buenos trabajos a los empleados y producir productos de calidad para los clientes.
- **Responsabilidades legales:** El objetivo es cumplir las leyes y las reglas del juego preestablecidas.
- **Responsabilidades éticas:** Se debe conducir la moral de la empresa realizando lo que es correcto y justo, evitando generar daños a terceros,
- **Responsabilidades filantrópicas:** Se deben hacer contribuciones voluntarias a la sociedad, dándole tiempo y dinero como una buena obra.

Una vez realizada la investigación de modelos aplicados a nivel internacional, se sugiere a las empresas ubicadas en el municipio de Villapinzón, la implementación del modelo de RSE de Donna Wood como principal herramienta para la mitigación de los impactos ambientales, ya que este se enfoca en el medio ambiente y es precisamente lo que se busca con esta investigación, mitigar el impacto ambiental que generan las prácticas de las curtiembres en este municipio, además se considera que las RSE son la integridad de los deberes que de forma legal o voluntaria asume una empresa para ser considerada como un buen modelo a seguir, generar una buena imagen ante la sociedad por parte de las curtiembres requiere adoptar medidas de prevención, mitigación, corrección y subsanar el daño generado al medio ambiente y a la población en general (José Vásquez, 2009).

De acuerdo con el modelo planteado por Wood, para la implementación de RSE en las curtiembres los pasos a seguir son los siguientes:

- **Selección y delimitación de área de influencia:** definir por parte del sector curtiembres las zonas hídricas afectadas en el municipio de Villapinzón, de esta manera tener un mayor control sobre el área impactada por las actividades relacionadas con este sector empresarial en dicha región. Es decir, la delimitación de la Cuenca alta de río Bogotá, a la altura del municipio de Villapinzón, Cundinamarca
- **Evaluación del impacto generado:** identificar por parte de la empresa la dimensión del impacto ambiental y social generado en la zona de interés, asimismo, valorarlo de forma cualitativa y cuantitativa; debido a que los procesos llevados a cabo por el sector de las curtiembres generan un alto índice contaminante en los cuerpos hídricos, razón por el cual se refleja a nivel nacional y local como es el presente caso en el municipio de Villapinzón. Siendo así, para el caso específico del municipio de Villapinzón se identificó que el componente ambiental con impacto crítico de mayor recurrencia es el agua, debido al consumo y modificación de la calidad físico-química del recurso hídrico.

El recurso suelo se ve afectado por la modificación de su estructura y textura, lo que acelera la erosión y disminuye su capacidad de absorber agua.

El recurso aire se identificó con impacto moderado, debido a la emisión de olores provenientes de la descomposición de materia orgánica en las pieles crudas.

En cuanto al componente social se identificó como moderado, por la afectación a la salud de la comunidad aledaña, y el riesgo laboral por manejo de insumos químicos, riesgo de infección, accidentes, entre otros.
- **Limitar el nivel de contaminación en la zona admisible con el objetivo de custodiar condiciones de vida aptas:** Para definir niveles de contaminación aceptables en la zona de influencia del sector de curtiembres, es fundamental basarse en estudios técnicos previos

que garanticen la protección del medio ambiente y la salud de las comunidades aledañas. Estos estudios deben considerar las características específicas del entorno y las actividades industriales desarrolladas, con el fin de establecer límites que minimicen los impactos negativos.

En el caso específico analizado en este trabajo, el manejo adecuado de los vertimientos generados durante el proceso industrial de las curtiembres debe cumplir estrictamente con la normativa ambiental vigente. En Colombia, esta regulación está establecida en la Resolución 631 de 2015 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible 1, la cual define los límites máximos permisibles (LMP) para vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales y sistemas de alcantarillado público.

- **Darle un valor económico al daño ambiental:** considerando la gran afectación generada al medio ambiente por las actividades industriales del sector curtiembre en el municipio de Villapinzón, se hace necesario la realización de una evaluación de impacto ambiental (EIA) por parte de la empresa que determine el daño causado al suelo, aire y agua en esta región.
- **Definir los planes de manejo ambientales por parte de la empresa:** una vez identificado por parte de la empresa el valor económico del daño se procede a definir los planes que prevengan, mitiguen, corrijan y remedien las afectaciones causadas por las malas prácticas en pro de la comunidad. De esta forma, para el caso específico del municipio de Villapinzón, los productores de la industria de la curtiembre deben plantear la generación de un plan de manejo ambiental (PMA) dentro de sus empresas, el cual, como se mencionó anteriormente, contribuya a la prevención, mitigación, corrección y/o compensación de los impactos negativos generados durante el desarrollo de la actividad productiva, siendo así, mediante la integración de este tipo de planes, es posible asegurar

un desarrollo sostenible para la industria, la cual acarree una mejora continua dentro de los procesos productivos presentes en la zona.

- **Socialización a la comunidad de los planes de mitigación a ejecutar:** la socialización por parte de la empresa es de vital importancia para que la comunidad esté informada e instruida para afrontar estas medidas, y a su vez adoptarlas en busca de minimizar el impacto ambiental y social generado por la empresa en esta región.
- **Determinar el orden de ejecución de los planes:** definir mediante mesas de trabajo los planes y estrategias (análisis multiobjetivo) a ejecutar por parte de la empresa causante del impacto ambiental y la comunidad afectada, que en este caso sería la población del municipio de Villapinzón. De esta manera, será posible establecer compromisos concretos por parte de las empresas responsables de los impactos ambientales, orientados al cumplimiento de la legislación nacional vigente y a la reducción efectiva de dichos impactos. Asimismo, la inclusión de mecanismos de participación ciudadana permitirá a la comunidad ejercer un rol activo en la supervisión de la correcta implementación de los planes y compromisos adquiridos. Esta colaboración entre los distintos actores involucrados fomentará la mejora continua en los procesos productivos del sector de curtiembres, promoviendo prácticas más sostenibles y responsables con el entorno.
- **Incorporación de costos ambientales:** para lograr una medición de los costos ambientales generados por esta industria, es necesario la implementación por parte de la empresa de estrategias de control, mitigación y prevención, ejecutadas en común acuerdo con la comunidad, para de este modo lograr un cálculo aproximado del valor monetario del impacto ambiental generado.

Tabla 10 *Principios comparativos de los modelos de RSE*

Modelo Donna Wood	Modelo Pirámide de Carroll
• Principio Institucional: legitimidad • Principio organizacional: responsabilidad pública • Principio individual: discreción gerencial Trabaja en base 3 principios enfocados en la transparencia, el respeto por los derechos humanos, la ética, el cuidado del medio ambiente y el compromiso con la comunidad. Esto hace que los beneficios de las empresas vayan más allá de lo económico y se enfoca en el bienestar de la comunidad.	• Económicas • Legales • Éticas • Filantrópicas Integra todos estos componentes para actuar éticamente y contribuir al desarrollo económico de las empresas. Este modelo se centra principalmente en lo económico, buscando beneficios tanto para la empresa como para la comunidad.

Fuente: Elaboración propia

10 Conclusiones

La industria de las curtiembres en el municipio de Villapinzón es una fuente continua de impactos ambientales en la cuenca alta del Río Bogotá, afectando directamente la calidad de los cuerpos de agua mediante el vertimiento de aguas residuales con alta demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y sólidos suspendidos. La liberación de cromo agrava la situación, comprometiendo la estabilidad de los ecosistemas acuáticos. La acumulación de sedimentos, residuos sólidos y efluentes líquidos genera una mezcla compleja de compuestos orgánicos e inorgánicos que contribuye significativamente a la contaminación de la cuenca alta del río Bogotá.

En el análisis de los impactos ambientales generados por el proceso de curtido de pieles dentro de esta cuenca, se identificó que el impacto más significativo proviene de la producción de aguas residuales y los cambios fisicoquímicos en el agua, clasificados como severos. Este impacto se manifiesta en el incremento de la DBO y los sólidos suspendidos, deteriorando la calidad del agua y alterando la flora y fauna asociada. Adicionalmente, se constató la liberación de cromo como un factor especialmente dañino para los ecosistemas acuáticos, debido a su toxicidad y capacidad de acumulación en sedimentos y organismos acuáticos. Otro factor de gran importancia es la generación de sulfuros, produciendo malos olores y puede ser altamente toxico, tanto para la salud como para el medio ambiente.

La evaluación de impacto ambiental de curtido con cromo arroja que gran parte de sus procesos son causantes de impactos críticos y significativos debido a la emisión de partículas y amoniaco, en la calidad del aire por la generación de malos olores, estos aspectos también contribuyen a la degradación ambiental.

Es importante destacar que el proceso de curtido con extractos vegetales presenta impactos ambientales irrelevantes y moderados, con un consumo de agua significativamente menor (80%

inferior al curtido al cromo), aunque aún genera vertimientos con DQO, DBO, sólidos suspendidos, sulfato de amonio, ácido sulfúrico y sales.

En cuanto a la identificación de las afecciones por componente ambiental, se detalló para el recurso agua la modificación de la calidad fisicoquímica y el consumo excesivo; para el recurso suelo la contaminación por residuos orgánicos, lodos y desechos curtidos; para el recurso aire el ruido, los olores y las emisiones atmosféricas; para el proceso biológico (flora, fauna, ecosistemas) la disminución de especies; y a nivel socioeconómico la activación de la economía, la afectación a la salud de la comunidad y los riesgos laborales.

En la comparación de las buenas prácticas ambientales, se mencionaron la implementación de la Responsabilidad Social Empresarial (RSE) para mitigar impactos y reducir costos, el proceso de recirculación del agua en las etapas de remojo, pelambre y curtido para reducir el consumo hídrico y de químicos, la adopción de ecotecnologías para minimizar la generación de residuos mediante la optimización de procesos, la integración de procesos basada en experiencias europeas para la sustitución de sustancias peligrosas y la valorización de residuos, y la biorremediación como una alternativa biotecnológica para la precipitación y recuperación de metales pesados como el cromo.

Los resultados obtenidos confirman que la industria de curtiembres en Villapinzón genera impacto ambiental entre crítico y severo en la cuenca alta del Río Bogotá, principalmente a través de la contaminación del agua por la descarga de aguas residuales con alta carga orgánica y cromo.

Si bien el curtido con extractos vegetales presenta una alternativa con impactos significativamente menores en el consumo de agua, aún genera contaminación hídrica por diversos compuestos.

Los impactos se extienden a otros componentes ambientales como el suelo, el aire y la biodiversidad, además de generar riesgos socioeconómicos y laborales.

Existen diversas buenas prácticas ambientales a nivel nacional e internacional, como la RSE, la recirculación del agua, las ecotecnologías, la integración de procesos y la biorremediación, que ofrecen estrategias concretas para mitigar los impactos negativos de la industria de curtiembres.

La adopción de estas buenas prácticas no solo puede reducir la contaminación, sino también generar beneficios económicos a través de la optimización de recursos y la reducción de costos operativos.

11 Recomendaciones

Fomentar y facilitar la transición hacia procesos de curtido más limpios, como el curtido con extractos vegetales, ofreciendo incentivos y apoyo técnico a las curtiembres en Villapinzón para su implementación.

Implementar de manera prioritaria sistemas de recirculación de agua en las etapas de remojo, pelambre y curtido para reducir drásticamente el consumo de agua y la carga contaminante de los efluentes.

Promover la adopción de ecotecnologías que permitan la optimización de los procesos productivos, la reducción en el uso de sustancias químicas y la minimización de la generación de residuos desde la fuente.

Incentivar la integración de procesos y la sustitución de sustancias peligrosas por alternativas más amigables con el medio ambiente, tomando como referencia las experiencias exitosas a nivel internacional.

Investigar y promover la aplicación de técnicas de biorremediación para el tratamiento de los efluentes y la recuperación de metales pesados como el cromo, considerando su potencial para reducir costos y aumentar la eficiencia.

Implementar programas de Responsabilidad Social Empresarial (RSE) que involucren a las curtiembres en la adopción de prácticas sostenibles y en la mejora de su relación con la comunidad y el medio ambiente.

Establecer mecanismos de seguimiento y control ambiental más rigurosos por parte de las autoridades competentes, asegurando el cumplimiento de la normativa y la efectividad de las medidas implementadas.

12 Referencias

- Acosta, M. (Junio de 2009). Impacto de la gestión tecnológica en el medio ambiente. Obtenido de Scielo: https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-95182009000200010
- Agudelo, S., & Gutierrez, P. (2007). Ahorro de agua y materia prima en los procesos de pelambre y curtido del cuero mediante precipitación y recirculación de aguas. Medellín.
- Aguilar, M. R. (2009). Scielo. Obtenido de Revista internacional de contaminación ambiental: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992009000300004
- Alcaldia Municipal de Villapinzón. (2020). Esquema de Ordenamiento Territorial Municipio de Villapinzon Cundinamarca. Villapinzon.
- Alvarez, E. (2023). Propuesta de una Alternativa Sostenible para los Procesos de Curtido en las Curtiembres del Barrio San Benito. Bogotá: Universidad Católica de Colombia.
- Amaya, R. (2010). Estudio económico-financiero del aprovechamiento de las grasas extraídas del residuo de descarte "unche" derivado del proceso de curtición en el municipio de Villapinzón -Cundinamarca. Bogotá.
- Artuz, L., Martínez, M., & Morales, C. (2015). Las Industrias curtiembres y su incidencia en la contaminación del Río Bogotá.
- Asamblea General de las Naciones Unidas. (2015). Objetivos de Desarrollo Sostenible ODS.
- Asamblea General de Naciones Unidas. (1987). Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. New York.
- Asamblea Nacional Constituyente de Colombia. (4 de Julio de 1991). Constitución Política de Colombia. Bogotá.

- Baez, D. (2002). Uso de nuevas tecnologías en procesos de curtido de pieles. Bogotá: Imprenta Nacional de Colombia.
- Barba-Ho, L., Ballesteros, Y., Patiño, P., & Ramírez, C. (2013). Impacto generado por los vertimientos de las curtiembres superficiales usando pruebas de toxicidad. Sistema de Información Científica Redalyc.
- Blount, E. (1997). Sustitución del cromo y aprovechamiento de los residuos en el curtido de la piel. Daphnia.
- Bravo, B., & Valenzuela, S. (2021). Determinación de la tecnología más apropiada para disminuir la contaminación hídrica de la empresa curtiembres Lozamora en el Barrio San Benito de Bogotá.
- Buitrago, S., & Coca, J. (2016). 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, 113-124.
- Business Research insights. (13 de Enero de 2025). Business Research insights. Obtenido de <https://www.businessresearchinsights.com/es/market-reports/leather-market-109199>
- Campo, N. B. (2011). Producción limpia y biorremediación para disminución de la contaminación por cromo en la industria de curtiembres. Ambiente y sostenibilidad.
- CAR. (2006). Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Río Bogotá. Bogotá: Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca.
- CAR. (2016). De las más de cien curtiembres que operan en Villapinzón y Chocontá, 30 están en la legalidad. Bogotá.
- CAR. (2020). Estudio del Recurso Hídrico en la Cuenca del Río Bogotá, en términos de Calidad y Cantidad. Bogotá: Corporación Autónoma de Cundinamarca.

- CAR. (2022). La CAR insto al sector curtidor de Choconta y Villapinzon a disponer adecuadamente sus residuos productivos. Bogotá.
- Castiblanco, D. A., Perez, D. L., & Ortiz, R. J. (2020). Impacto ambiental de las curtiembres, una problematica de vieja data sobre el rio Bogotá. SayWa, 56 - 68.
- Castiblanco, D., Llamosa, D., & Rincon, R. (2020). Impacto ambiental de las curtiembres, una problematica de vieja data sobre el río Bogotá. Revista SayWa.
- Conesa, V. (2011). Guía metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental. Madrid - México: Ediciones Mundi-Prensa.
- Congreso de Colombia. (22 de Diciembre de 1993). Ley 99 de 1993. Bogotá.
- Congreso de Colombia. (6 de Junio de 1997). Ley 373 de 1997. Bogotá.
- Congreso de Colombia. (19 de Diciembre de 2008). Ley 1259 de 2008. Bogotá.
- Congreso de la República de Colombia. (24 de 01 de 1979). Ley 9 de 1979. Bogotá.
- Corporación Autonoma Regional de Cundinamarca. (2007). Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos- PSMV. Bogotá.
- Corporación Autonoma Regional de Cundinamarca CAR. (25 de Noviembre de 2020). Sector curtidor de la cuenca del río Bogotá consolida paso a paso acciones por su recuperación. Bogotá.
- Cuenca, V. J. (2013). Análisis y mejora de procesos de una curtiembre ubicada en la ciudad de Trujillo. Trujillo.
- Cuesta, D., Velazco, C., & Castro, J. (2018). Evaluación ambiental asociada a los vertimientos de aguas residuales generados por una empresa de curtiembres en la cuenca del rio Aburra. Revista UIS Ingenierias.

- Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente - DAMA. (Marzo de 2004). Guía Ambiental para el Sector de Curtiembres. Bogotá.
- Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales. (21 de Noviembre de 2012). Código Industrial Internacional Uniforme. Bogotá.
- Dixit, S. &. (2014). Toxic hazards of leather industry and technologies to combat threat: a review. India.
- Esparza, E., & Gamboa, N. (2001). Contaminación debido a la industria curtiembre. Lima.
- Espectador, E. (2016). Las cuentas pendientes con el Río Bogotá. Bogotá.
- Espectador, E. (2024). CAR sella una curtiembre en Villapinzón, por exceder vertimientos en el río Bogotá.
- Fabregas, J. (2021). Tratamiento de aguas residuales de la industria de curtido. Girona, España.
- García, S. (2018). Efectos Ambientales Generados por los Vertimientos de las Industrias de Curtido de Piel: Implicaciones en la Cuenca Alta del Río Bogotá. Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada.
- García, S. C. (2018). Efectos ambientales generados por los vertimientos de las industrias de curtido de pieles: Implicaciones en la cuenca alta del río Bogotá. Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada.
- Giraldo, R. (2022). San Benito y su lucha contra la curtiembre ilegal. Bogotá.
- Gómez, Y., & Rubiano, A. (2024). Problemática ambiental por contaminación del Río Bogotá a consecuencia de los residuos generados por las curtiembres en el municipio de Villapinzón Cundinamarca. ECAPMA.

Gomez, Y., & Rubiano, A. (s.f.). Problemática ambiental por contaminación del Río Bogotá a consecuencia de los residuos generados por las curtiembres en el municipio de Villapinzón Cundinamarca. ECAPMA.

Greenpeace. (2012). Cueros tóxicos, Nuevas evidencias de contaminación de curtiembres en la Cuenca Matanza-Riachuelo . Buenos Aires, Argentina.

Guevara Jarrin, E. D. (2017). La responsabilidad social empresarial y el costo de producción en el sector curtiembres de Picaíhua. Quito.

Jaramillo. (2022). ESG Innova Group. Obtenido de ESG Innova Group: <https://www.esginnova.com/sostenibilidad/el-futuro-de-la-tecnologia-verde-innovaciones-y-sostenibilidad/#:~:text=El%20concepto%20de%20tecnolog%C3%ADa%20verde,alg%C3%BAn%20proceso%20industrial%20o%20comercial.>

JARAMILLO. (2022). ESG Innova Group. Obtenido de ESG Innova Group: <https://www.esginnova.com/sostenibilidad/el-futuro-de-la-tecnologia-verde-innovaciones-y-sostenibilidad/#:~:text=El%20concepto%20de%20tecnolog%C3%ADa%20verde,alg%C3%BAn%20proceso%20industrial%20o%20comercial.>

Jarrin, G., & Diana, E. (2017). La responsabilidad social empresarial y el costo de producción en el sector curtiembres de Picaíhua. Quito.

José Alfredo Vásquez Paniagua, D. P. (2009). Metodología para implementar un modelo de responsabilidad social empresarial en las curtiembres. Contabilidad y negocios.

- José Vásquez, D. G. (2009). Metodología para implementar un modelo de responsabilidad social empresarial en la industria de la curtiembre. Revista del Departamento Académico de ciencias administrativas.
- José Vásquez, D. G. (2009). Metodología para implementar un modelo de responsabilidad social empresarial en la industria de la curtiembre. Revista del departamento académico de ciencias administrativas.
- Martinez, S., & Romero, J. (2016). Revisión del estado actual de la Industria de las curtiembres en sus procesos y productos. Bogotá: Fundacion Universitaria los Libertadores.
- Martinez, S., & Romero, J. (16 de Octubre de 2016). Revisión del estado actual de la industria de las curtiembres en sus procesos y productos: un análisis de su competitividad. Universidad Militar Nueva Granada. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/909/90953767006/html/>
- Martínez, S., & Romero, J. (2018). Revisión del estado actual de la industria de las curtiembres en sus procesos y productos : Un análisis de su competitividad. Bogotá.
- Masud, F., & Malik, A. (2014). Environmental Concerns of the Tanning Industry. Dordrecht: Aligarh Muslim University.
- McCann, M. (2001). Industrias Textiles y de la Confección. Madrid.
- Meléndez, J. E.-H. (2020). Dialnet. Obtenido de Dialnet: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7659421#:~:text=La%20eficiencia%20es%20la%20b%C3%BAqueda,no%20afecte%20al%20medio%20ambiente.>
- Menacho, C. (2023). Cuero Curtido Vegetal vs Cuero curtido al cromo :¿Cuál es la mejor opción? Cadiz.

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (28 de Junio de 1984). Decreto 1594 de 1984. Bogotá.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). Decreto 1076 de 2015. Bogotá.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (17 de Marzo de 2015). Resolución No 0631 de 2015. Bogotá.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018). Decreto 050 de 2018. Bogotá.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2020). Política Ambiental para la Gestión Integral de Residuos o Desechos Peligrosos. Bogotá.

Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. (2023). Seguimiento a políticas públicas ambientales. Bogota.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. (2019). Estrategia Nacional de Economía Circular. Cierre de ciclos de materiales, innovación tecnológica, colaboración y nuevos modelos de negocios.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial ; Viceministerio de Ambiente. (2010). Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico. Bogotá.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2005). Resolución Numero 1023 de 28 de Julio de 2005. Bogotá.

Ministerio de Ambiente, Vivivenda y Desarrollo Territorial. (30 de Diciembre de 2005). Decreto 4741 de 2005. Bogotá.

Ministerio de Ambiente,Vivienda y desarrollo Territorial. (25 de Octubre de 2010). Decreto 3930 de 2010. Bogotá.

- Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. (2013). Estudio de Potenciales Impactos Ambientales. La Industria de los cueros(a base de sales de Cromo con agentes Vegetales). Quito, Ecuador.
- Observatorio Regional Ambiental y de Desarrollo Sostenible del Río Bogotá. (2 de Mayo de 2017). Información Ambiental para la Gestión Integral de la Cuenca Hídrica del Río Bogotá. Villapinzon.
- Organización de las Naciones Unidas ONU. (5 a 16 de Junio de 1972). Informe de la conferencia de las Naciones Unidas sobre el medio humano. New York.
- Organización de las Naciones Unidas ONU. (1973). Objetivo 12: Producción y Consumo Responsable.
- Organización de Naciones Unidas ONU. (3 al 14 de Junio de 1993). Informe de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. Río de Janeiro.
- Palacios, S. M. (25 de Enero de 2018). SciELO. Obtenido de SciELO: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v31n3/0379-3982-tem-31-03-122.pdf
- Panigua, J. A. (2009). Metodología para implementar un modelo de responsabilidad social. Medellin Colombia: Contabilidad y Negocios (4) 8, 2009 / ISSN 1992-1896.
- Presidente de la República de Colombia. (18 de Diciembre de 1974). Decreto 2811 de 1974. Bogotá.
- Ramirez, L. A. (2018). Estudio de la dinámica del cromo en la cuenca alta del río Bogotá mediante la selección y aplicación de un modelo de calidad de agua para la representación de contaminantes conservativos en cuerpos de agua lóticos. Bogota D.C.: Universidad Nacional Abierta y a Distancia.

- (16 de October de 2016).Revision del estado actual de la industria de las curtiembres en sus procesos y productos : Un análisis de su competitividad. Bogotá. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/909/90953767006/html/>
- Rey, L. (2022). Selección de la Tecnología electroquímica de remoción de metales para el tratamiento de los vertimientos provenientes de la industria de curtiembres en Villapinzón. Bogotá.
- Rico, L. G. (Diciembre de 2009). SciELO. Obtenido de SciELO: https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-48212009000400003
- Rodriguez, T., Sanchez, I., & Pinto, O. (2021). Descripción del proceso productivo del sector curtiembre, enfocado en la aplicación de producción más limpia. Revista del grupo de investigación en comunidad y salud, 3 - 4.
- Sanchez, L., & Ramirez, J. (2016). Propuesta del Parque Ecoeficiente Industrial del Cuero : Como elemento urbano que contribuye a la disminución de vertimientos causados por los procesos industriales de las curtiembres en los municipios de Villapinzón y Chocontá, Cundinamarca. Bogotá.
- Sanchez, L., & Ramirez, J. (2016). Propuesta del parque ecoeficiente industrial del cuero: Como elemento urbano que contribuye a la disminución de vertimientos causados por los procesos industriales de las curtiembres en los municipios de Villapinzón y Chocontá, Cundinamarca. Bogotá: Universidad Piloto de Colombia.
- Sandra Martinez, J. R. (16 de Octubre de 2016). Revisión del estado actual de la industria de las curtiembres en sus procesos y productos: un análisis de su competitividad. Universidad Militar Nueva Granada. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/909/90953767006/html/>

- Sección Primera de la Sala de lo Contencioso Administrativo del Consejo de Estado. (28 de Marzo de 2014). Sentencia Recuperación de la cuenca del Río Bogotá. Bogotá.
- Secretaría Distrital de Ambiente. (2015). Guía de producción más limpia para el sector de curtiembres de Bogotá. Enfoque en vertimientos y residuos. Bogotá.
- Secretaría Distrital de Ambiente. (2018). Guía de Producción más limpia para el sector curtiembres de Bogotá. Enfoque en vertimientos y residuos. Bogotá.
- Secretarías Distrital de Ambiente. (2015). Guía de producción más limpia para el sector curtiembres de Bogotá. Enfoque de vertimientos y residuos. Bogotá.
- Secretarías Distrital de Ambiente. (2018). Guía de producción más limpia para el sector curtiembres de Bogotá. Enfoque de vertimientos y residuos. Bogotá.
- Silva, M. J., & Morales, D. S. (2022). La contaminación proveniente de la industria curtiembre, una aproximación a la realidad ecuatoriana. *Uisrael*, 8-10.
- Silva, M., & Salinas, D. (2022). La contaminación proveniente de la industria curtiembre, una aproximación a la realidad ecuatoriana. *Revista Científica UISRAEL*.
- Social, M. d. (2015). Guía para el Desarrollo de Actividades de Promoción y Prevención en la Industria de Curtiembres. Bogotá.
- Soto, J. (2018). Evaluación de la afectación del Río Bogotá causada por el vertimiento generado en un proceso de curtido de pieles, tramo Villapinzón - Río Tejar. Bogotá.
- The Confederation of National Associations of Tanners and Dressers of the European Community COTANCE. (2020). Informe medio ambiental y social La industria europea del curtido.
- Villalba, R. (2018). Relatorio de impacto ambiental curtiembre de cuero.
- Villanueva, J. L. (2011). Rol de las ecotecnologías, tecnologías limpias y de tratamiento en el control de la contaminación generadas por las curtiembres en Trujillo Perú. Trujillo.

Villapinzón, M. d. (2017). Plan Municipal de Gestión de Riesgo de Desastres. Villapinzón.