

**DIAGNÓSTICO Y FORMULACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MEJORAMIENTO
PARA EL TRATAMIENTO DE EFLUENTES DE LA EMPRESA CURTIEMBRES
DEL VALLE LTDA., DEL MUNICIPIO VALLE DE SAN JOSÉ, SANTANDER**

Nelson Ortiz

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE QUÍMICA
ESPECIALIZACIÓN EN QUÍMICA AMBIENTAL
BUCARAMANGA
2011**

**DIAGNÓSTICO Y FORMULACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MEJORAMIENTO
PARA EL TRATAMIENTO DE EFLUENTES DE LA EMPRESA CURTIEMBRES
DEL VALLE LTDA., DEL MUNICIPIO VALLE DE SAN JOSÉ, SANTANDER**

Nelson Ortiz

Ingeniero Químico

Monografía presentada como requisito para optar al título de
Especialista en Química Ambiental

Directora:

Luz Yolanda Vargas Fiallo

Química, M.Sc.

Especialista en Química Ambiental

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE QUÍMICA
ESPECIALIZACIÓN EN QUÍMICA AMBIENTAL
BUCARAMANGA
2011**

DEDICATORIA

A Dios y su magnífica creación, fuente de infinita inspiración, que me recuerda día a día mi responsabilidad en la preservación de su legado: LA MADRE NATURALEZA.

A mi madre que desde el cielo continúa guiando mis pasos y brindándome su amor.

Al mejor regalo con el que Dios me ha bendecido, mi novia: Nini Yuridia Pardo Zárate.

AGRADECIMIENTOS

*A la Profesora Luz Yolanda Vargas
por su valiosa colaboración y acompañamiento
en la realización del presente trabajo.*

*A la Empresa Curtiembres del Valle Ltda.,
en especial Al Gerente de producción:
Ingeniero Julio Cesar Corzo
Y a su Asistente de producción:
Arnol Ferney Muñoz
Por abrirme las puertas de su empresa
para la realización de este trabajo,
por su hospitalidad
y su disposición de tiempo.*

*A mi Novia: Nini Yuridia Pardo Zárate,
por su incondicional apoyo
en esta etapa de mi vida
y por ser mi fuente de inspiración.*

*A mis compañeros de especialización
por hacer de esta una experiencia
además de enriquecedora, placentera.*

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	20
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	22
3. JUSTIFICACIÓN	23
4. OBJETIVOS	24
4.1 OBJETIVO GENERAL	24
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	24
5. MARCO TEÓRICO	25
5.1 LA INDUSTRIA CURTIEMBRE EN EL CONTEXTO GLOBAL.....	25
5.2 LA INDUSTRIA CURTIEMBRE EN EL CONTEXTO NACIONAL	26
5.2.1 Reseña histórica de las curtiembres del país.	26
5.3 EL PROCESO DE CURTIDO DE PIELES	28
5.3.1 Ribera.	28
5.3.2 Curtido.	28
5.3.3 Acabado.	29
6. MARCO LEGAL	30
6.1 TRATADOS INTERNACIONALES RATIFICADOS POR COLOMBIA.....	30
6.2 CONSTITUCIÓN POLÍTICA NACIONAL DE 1991 (CP).....	31
6.3 LEYES Y DECRETOS	34
7. IMPACTOS AMBIENTALES DE LA INDUSTRIA DE CURTIDO DE PIELES	37
7.1 PRINCIPALES DESCARGAS DEL PROCESO DE CURTIDO	38
7.1.1 Descargas del remojo y/o lavado	39
7.1.2 Descargas del pelambre	40
7.1.3 Descargas del descarnado y dividido.	41
7.1.4 Descargas del desencalado y purgado.	42
7.1.5 Descargas del curtido al cromo	42
7.1.6 Descargas de curtido al vegetal.	43
7.1.7 Descargas del post-curtido.	44
7.1.8 Descargas del acabado.	44
7.1.9 Consumo y descarga de agua en operaciones menores de la planta	45

8. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE LA EMPRESA OBJETO DE ESTUDIO	46
8.1. IDENTIFICACIÓN DE LA INDUSTRIA	46
8.2 PROCESO PRODUCTIVO	47
8.2.1 Recepción de pieles.	47
8.2.2 Lavado y remojo de pieles.	49
8.2.3 Pelambre.	50
8.2.4 Descarne.	51
8.2.5 Dividido	52
8.2.6 Desencalado.	53
8.2.7 Piquelado	54
8.2.8 Precurtido	54
8.2.9 Curtido.	54
8.2.10 Ecurrido	55
8.2.11 Rebajado.	55
8.2.12 Engrasado	56
8.2.13 Estirado.	56
8.2.14 Etapas finales.	57
8.3 MANEJO DEL AGUA EN CURTIEMBRES DEL VALLE LTDA.....	58
8.3.1 Abastecimiento.	58
8.3.2 Disposición de los efluentes.	58
8.4 SERVICIOS INDUSTRIALES	60
9. PUNTOS CRÍTICOS DEL PROCESO DE CURTICIÓN DESARROLLADO EN LA EMPRESA OBJETO DE ESTUDIO	61
9.1 LAVADO Y REMOJO DE PIELES.....	61
9.1.1 Lavado	61
9.1.2 Remojo.	61
9.2 PELAMBRE	62
9.2.1 Destrucción del pelo.	62
9.2.2 Reposo.	62
9.3 DESENCALADO Y PURGA	63
9.4 PIQUELADO, PRECURTIDO Y CURTIDO.....	63
9.5 ENGRASADO	64
9.6 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PTAR.....	64
9.6.1 Tratamientos preliminares en el punto de generación de las descargas.	64

9.6.2	<i>Segregación de aguas.</i>	64
9.6.3	<i>Dosificación de coagulantes.</i>	65
10.	FORMULACIÓN DE ALTERNATIVAS DE CONTROL Y/O MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES IDENTIFICADOS EN LA INDUSTRIA OBJETO DE ESTUDIO	66
10.1	RECEPCIÓN DE PIELES	66
10.1.1	<i>Recuperación de la sal de conservación antes del lavado</i>	66
10.2	LAVADO Y REMOJO	67
10.2.1	<i>Pretratamiento de las descargas del lavado</i>	67
10.2.2	<i>Reciclaje de las descargas del remojo.</i>	68
10.3	PELAMBRE	70
10.3.1	<i>Control permanente de las variables críticas del proceso.</i>	70
10.3.2	<i>Recirculación de las descargas del pelambre y sus lavados</i>	71
10.3.3	<i>Oxidación del sulfuro remanente en la descarga.</i>	72
10.3.4	<i>Control de calidad de la cal.</i>	74
10.4	DESENCALADO	76
10.4.1	<i>Oxidación del sulfuro remanente en la descarga</i>	76
10.5	PIQUELADO, PRECURTIDO Y CURTIDO	77
10.5.1	<i>Recirculación de los Baños del Curtido.</i>	77
10.6	ENGRASADO	78
10.6.1	<i>Pretratamiento de las aguas de descarga.</i>	78
10.7	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PTAR	79
10.7.1	<i>Tratamientos preliminares en el punto de generación de las descargas.</i>	79
10.7.2	<i>Segregación de aguas.</i>	79
10.7.3	<i>Dosificación de coagulantes.</i>	79
11.	CONCLUSIONES	80
12.	RECOMENDACIONES	81
13.	BIBLIOGRAFÍA	82
	ANEXOS	85

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Cadena productiva del cuero	25
Figura 2. Ubicación de la industria curtidora en Colombia	27
Figura 3. Estructura del sector de las curtiembres en Colombia	27
Figura 4. Instalaciones de la planta de curtido	46
Figura 5. Etapa de recepción de pieles	48
Figura 6. Fulón de lavado	49
Figura 7. Máquina Descarnadora	51
Figura 8. Máquina divididora	52
Figura 9. Máquina rebajadora	55
Figura 10. Fulón de engrasado	56
Figura 11. Operario haciendo el estirado a una hoja de cuero	57
Figura 12. Operación de secado con flujo de aire precalentado	57
Figura 13. Tanque de almacenamiento de agua, capacidad de 125 m ³	58
Figura 14. Esquema para determinar el contenido de CaCO ₃ en la cal	75

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Lavado y/o Remojo: parámetros fisicoquímicos del efluente.....	40
Cuadro 2. Pelambre: parámetros fisicoquímicos del efluente	41
Cuadro 3. Desencalado y purga: parámetros fisicoquímicos del efluente.....	42
Cuadro 4. Curtido al cromo: parámetros fisicoquímicos del efluente	43
Cuadro 5. Curtido al vegetal: parámetros fisicoquímicos del efluente.....	43
Cuadro 6. Post-curtido: parámetros fisicoquímicos del efluente	44
Cuadro 7. Consumos de agua empleados en las operaciones menores de una planta de curtido	45

LISTA DE ANEXOS

Anexo A.1 Diagrama de flujo de la etapa de ribera.....	85
Anexo A.2 Diagrama de flujo de la etapa de curtido	86
Anexo A.3 Diagrama de flujo de la etapa de acabado	87
Anexo B. Sistema de tratamiento de aguas residuales en la empresa: Curtiembres del Valle Ltda.	88

GLOSARIO

Ablandado. Suavizado y estirado del cuero mediante trabajo mecánico.

Acabado. El conjunto de operaciones que le otorgan color, brillo y otras características al cuero de acuerdo al producto final que se quiere obtener.

Acidez. Exceso de protones en una solución. Una solución acuosa tiene carácter ácido cuando su pH es inferior a 7.

Atravesado. Difusión de los reactivos químicos a través de la sección transversal de la piel o del cuero.

Balance de Masa. La cuantificación de las entradas y salidas de masa en un proceso o en cada una de las operaciones unitarias.

Baño de Pelambre. Solución para remover los pelos de las pieles.

Basicidad o Alcalinidad. Exceso de oxidrilos en una solución. Una solución acuosa tiene carácter alcalino cuando su pH es superior a 7.

Carnazas. Residuos sólidos provenientes del pre descarnado y descarnado.

Colágeno. Sustancia proteica fibrilar de la piel, que se transforma en cuero después del curtido.

Consumo Específico. Relación numérica que expresa el consumo de un insumo por unidad de producción o de materia prima.

Costra, Descarne o Serraje. Capa interna de la piel resultante del dividido.

Cromo (Cr). Metal pesado que puede encontrarse químicamente bajo diferentes estados de oxidación: (II), (III), (IV), (VI). Es utilizado para curtir las pieles bajo la forma de sulfato básico de cromo (III), Cr(OH)SO_4 .

Cuero. Producto del proceso de curtido de pieles de diferentes animales.

Cuero Semi Acabado. Cuero que ha sido secado, después del curtido, re curtido y teñido, sin otros procesos de acabado.

Curtido al Cromo. Operación en la que se transforma la piel en cuero, haciendo reaccionar el cromo con el colágeno de la piel, para darle consistencia y evitar su putrefacción.

Curtido al Tanino. Operación en la que se hace reaccionar taninos con el colágeno de la piel.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅). Cantidad de oxígeno en miligramos, necesaria para oxidar, durante 5 días y a 20 °C, la materia orgánica contenida en 1 litro de muestra, mediante los microorganismos del medio.

Demanda Química de Oxígeno, (DQO). Cantidad de oxígeno equivalente al contenido de materia oxidable en 1 litro de muestra, que puede ser oxidada por un reactivo químico fuertemente oxidante.

Descarga Específica. Relación que expresa la cantidad de desechos descargados por unidad de producto o de materia prima.

Descarnado. Operación normalmente mecánica que separa el colágeno del tejido conectivo, grasa y carne subcutáneos de la piel.

Desecho. Energía o materia (sólida, líquida, gaseosa, mezcla o combinación de ellas, incluyendo flujos calóricos) a la que ya no se le da valor alguno y, por tanto, se la descarga o emite o es objeto de disposición final.

Desencalado. Operación por la cual se elimina la cal de la piel encalada, mediante adición del sulfato de amonio y otros reactivos.

Desengrasado. Operación de remoción de grasas de la piel con detergentes o solventes.

Dividido. Operación de separación de capas de la piel: capa externa (flor) y capa interna (costra o descarne).

Dosis Letal Media, (DL₅₀). Cantidad de una sustancia que mata al 50% de la población objeto del ensayo. Se expresa en miligramos de sustancia por kilogramo de peso vivo del animal objeto de ensayo.

Efluente. Materia y/o energía residual (sólido, líquido, gaseoso, mezcla o combinación de ellos, incluyendo flujos calóricos), cruda o tratada, que puede contener contaminantes y que se encuentra en cualquier punto del proceso productivo antes de su descarga o emisión.

Engrasado. Operación en la que se añaden grasas naturales o sintéticas para darle mayor suavidad al cuero.

Floculación. Operación de precipitación de la materia coloidal en suspensión, por la adición de ciertos compuestos químicos (floculantes).

Flor. Capa externa de la piel resultante del dividido.

Fulón. Recipiente cilíndrico de madera, que rota sobre su eje, por la acción de un motor. Empleado en diversas operaciones unitarias del proceso curtiente.

Lavado. Operación que utiliza agua para eliminar el excedente de reactivos y otras impurezas de las pieles.

Pelambre. Operación en la que se elimina el material queratinoso (pelo, raíces de pelo) y parte de la grasa de las pieles.

Piel. Pellejo no curtido de los animales; se denomina cuero a la piel curtida.

Piquelado. Operación en la que se baja el pH y se detiene el hinchamiento de la piel, mediante la acción de ácidos, en presencia de sal común, antes del curtido.

Proceso. Conjunto de diferentes operaciones unitarias encadenadas, dirigidas a la consecución de un fin predeterminado. En el caso de curtiembres, el fin es la obtención de cuero.

Rebajado. Reducción mecánica del espesor del cuero, mediante el corte de finos y delgados fragmentos del lado de la carne, con el fin de lograr que dicho espesor sea uniforme.

Recortes. Residuos provenientes del corte de las irregularidades del borde de la piel, flor, costra o cuero.

Re-curtido. Curtido complementario para perfeccionar las características finales del cuero.

Remojo. Operación que emplea agua para limpiar y rehidratar la piel.

Residuos. Es un efluente considerado como “insumo de menor valor”, cuya totalidad o parte de sus componentes pueden ser objeto de reciclaje, re-uso o recuperación.

Ribera. Conjunto de operaciones unitarias, que incluye recepción de la piel, salado, remojo, pelambre, descarnado y dividido.

Sulfuro de Hidrógeno, (H₂S). Gas tóxico. Este compuesto se puede formar, en concentraciones tóxicas, a pH <10.

Taninos. Material vegetal usado en el curtido vegetal.

Tripa. Piel después del pelambre.

Wet Blue. Piel curtida al cromo, todavía en estado húmedo. El cromo le confiere su coloración azul (es un producto intermedio).

RESUMEN

TÍTULO: DIAGNÓSTICO Y FORMULACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MEJORAMIENTO PARA EL TRATAMIENTO DE EFLUENTES DE LA EMPRESA CURTIEMBRES DEL VALLE LTDA., DEL MUNICIPIO VALLE DE SAN JOSÉ, SANTANDER*.

AUTOR: Nelson Ortiz**

PALABRAS CLAVES: Ácidos grasos, Baño de pelambre, Carnazas, Cuero, Curtido al tanino, Fulón, Pelambre, Piquelado, Taninos.

CONTENIDO: Esta monografía es el resultado de un estudio realizado al proceso productivo de la industria de curtido de cueros (CIIU 191000) desarrollado en la empresa: Curtiembres del Valle Ltda., Se analiza en detalle cada una de las etapas del proceso de curtición y el manejo de los residuos y los desechos de la planta, centrando la atención en los principales impactos ambientales producidos sobre los recursos agua, aire y suelo.

El trabajo comprende tres líneas básicas, desarrolladas en 10 Capítulos así: la primera línea comprende un estudio general del sector de las curtiembres en Colombia, del proceso de curtición y los principales impactos ambientales generados; se culmina con un repaso a la normatividad legal aplicable al sector. La Segunda línea del trabajo se centra en la planta de producción de la empresa objeto de estudio, se hace un análisis detallado a cada una de las etapas del proceso de curtición y los impactos ambientales generados; se culmina con un diagnóstico ambiental de la planta. La última línea corresponde a la formulación de propuestas técnicas destinadas a la mitigación de los principales impactos ambientales generados en la planta con en proceso de curtición actual, estas propuestas de mejora comprende cambios que van desde el nivel operativo hasta el nivel de diseño de procesos.

El objetivo principal de esta monografía es la formulación de alternativas de mejoramiento para el manejo de vertimientos, con el fin de minimizar los impactos ambientales causados sobre el recurso agua. Como objetivos secundarios se presentan alternativas para minimizar los impactos ambientales causados sobre los recursos aire y suelo.

* Monografía

**Facultad de Ciencias, Escuela de Química, Especialización en Química Ambiental.
Directora: Luz Yolanda Vargas Fiallo.

ABSTRACT

TITLE: DIAGNOSIS AND FORMULATION OF ALTERNATIVES OF IMPROVEMENT FOR THE EFFLUENT TREATMENT OF THE COMPANY: CURTIEMBRES DEL VALLE LTDA., THE MUNICIPALITY: VALLE DE SAN JOSÉ, SANTANDER.*

AUTHOR: Nelson Ortiz**

Keywords: Fatty acids, Unhairing bath, Fleshings, Leather, Vegetal tanning, Drum, Unhairing, Pickling, Tannins.

CONTENT: This monograph is the result of a study into the production process of leather tanning industry (ISIC 191000) developed in the company: Curtiembres del Valle Ltda., We analyze in detail each stage of the tanning process and waste management and waste from the plant, focusing on the main environmental impacts produced on the water, air and soil resources.

The work comprises three basic lines, developed in 10 Chapters as follows: The first line includes a comprehensive study of the tanning sector in Colombia, the tanning process and key environmental impacts, it ends with an overview of the legal norms applicable to the sector. The second line of work focuses on the production floor of the company under study, a detailed analysis of each of the stages of tanning process and environmental impacts, it culminates in an environmental analysis of the plant. The last line corresponds to the formulation of technical proposals for mitigation of major environmental impacts at the plant in actual tanning process, these proposed improvements include changes ranging from the operational level to the level of process design.

The main objective of this paper is the development of improvement alternatives for the management of discharge, to minimize the environmental impacts of the challenged water. The secondary objectives are alternatives to minimize the environmental impacts on air and soil resources.

* Monograph

** Science Faculty, School of Chemistry. Environmental Chemical Specialization.
Director: Luz Yolanda Vargas Fiallo.

1. INTRODUCCIÓN

El proceso de curtición es la parte central de la cadena productiva del cuero, la cual, para ofrecer un producto de calidad depende de las buenas prácticas desarrolladas en otras actividades como la ganadería y el sacrificio de animales.

El curtido es el proceso de transformación de las pieles animales en cuero, mediante la reacción de las fibras de colágeno con los agentes curtientes, esta es una de las actividades industriales que mayor variación presenta de una planta a otra; sin embargo, las operaciones de toda curtiembre se pueden agrupar en cuatro procesos generales: Ribera, Curtido, Post-curtido y Acabado; cada uno de estos procesos a su vez se compone de una serie de etapas en las cuales se imponen el ingenio y la experiencia del curtidor, lo cual se traduce en la calidad del producto final (el cuero), los costos de producción y los impactos ambientales generados.

Cada uno de estos procesos son de importancia ambiental; los procesos de Ribera y Curtido (procesos húmedos), por el alto consumo de agua y la alta descarga de contaminantes en sus efluentes, y los procesos de Post-curtido y Acabado (procesos en seco), por la generación de residuos sólidos y la emisión de solventes y material particulado.

Tradicionalmente, los esfuerzos por mitigar la contaminación ambiental generada por esta industria se ha enfocado en el tratamiento de los residuos al final del proceso. Estos tratamientos normalmente producen buenos resultados, pero su implementación requiere una alta inversión económica, lo que representa una gran dificultad para la mayoría de empresas del sector, las cuales al no contar con los recursos suficientes para invertir en lo ambiental, continúan sus operaciones sin

ningún tipo de control. Esto ha ocasionado que a las curtiembres se le califique como una industria altamente contaminante.

Sin embargo, mediante una adecuada combinación de medidas preventivas y de control al final del proceso, se puede dar solución a los problemas de contaminación y al mismo tiempo lograr importantes ahorros económicos para la empresa.

Las alternativas de mejoramiento presentadas en este trabajo, están encaminadas a lograr un uso eficiente de materias primas e insumos, a fin de eliminar o reducir la cantidad de residuos generados en las diferentes etapas del proceso de curtición, y lograr una reducción de los impactos ambientales generados; estas medidas logran reducir los costos unitarios de producción y los costos del tratamiento final de los desechos. Como valor agregado, se logra dar cumplimiento a la normatividad ambiental y se mejora la imagen ante la comunidad.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La industria Curtiembres del Valle Ltda., dedicada al curtido de pieles bovinas y caprinas mediante la técnica del tanino, tiene entre sus metas a corto plazo el aumento de la eficiencia de sus procesos y la disminución de los impactos ambientales generados.

El último propósito genera la necesidad de revisar el manejo de los vertimientos producidos por la planta, así como el control de las emisiones atmosféricas y el manejo de los residuos sólidos.

Con este trabajo se busca mejorar el manejo de vertimientos mediante la elaboración de un diagnóstico actual del sistema de tratamiento y la elaboración de propuestas técnicas de mejoramiento tanto a nivel operativo, como a nivel de diseño.

3. JUSTIFICACIÓN

En los procesos de curtido de pieles se generan cargas contaminantes de magnitudes considerables, las cuales afectan a los diferentes componentes ambientales así:

Recurso hídrico. Se ve afectado en primer lugar por la gran demanda de este recurso para ciertas etapas del proceso y en segundo lugar, por la descarga de corrientes contaminadas con los insumos químicos utilizados en el proceso y por la alta carga orgánica que aportan las pieles a los vertimientos.

Recurso aire. Se genera impacto por las emisiones atmosféricas producto de los procesos de combustión para la producción de vapor, emisiones de material particulado y vapores orgánicos en el acabado del cuero y por la generación de olores ofensivos en algunas etapas del proceso y en el mantenimiento de las unidades de tratamiento de aguas residuales.

Recurso suelo. Se afecta por la disposición de los lodos provenientes de la trampa de grasas y de los sedimentadores, los cuales al lixiviar impactan el suelo, las aguas subterráneas y superficiales.

La industria Curtiembres del Valle Ltda. cuenta con un sistema convencional de tratamiento de aguas residuales, el cual requiere ajuste tanto a nivel de diseño, como de operación, con el fin de minimizar los impactos causados a los componentes agua, aire y suelo.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Formular alternativas de mejoramiento para el manejo de vertimientos de la empresa Curtiembres del Valle Ltda, mediante la aplicación de ajustes operacionales y de diseño, tendientes a minimizar el impacto causado sobre el cuerpo de descarga.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1.** Identificar los impactos ambientales sobre los recursos agua, aire y suelo propios del renglón económico: curtido y preparado de cueros en Colombia (CIU 191000).
- 2.** Elaborar un diagnóstico ambiental de la empresa Curtiembres del Valle Ltda. para identificar los principales impactos que la empresa genera sobre los recursos: agua y suelo.
- 3.** Identificar los puntos críticos del proceso de curtición específico de la empresa Curtiembres del Valle Ltda., relacionados con los impactos ambientales generados sobre los recursos agua y suelo.
- 4.** Formular alternativas de control y/o mitigación de los impactos ambientales sobre los recursos agua y suelo identificados en la empresa Curtiembres del Valle Ltda.

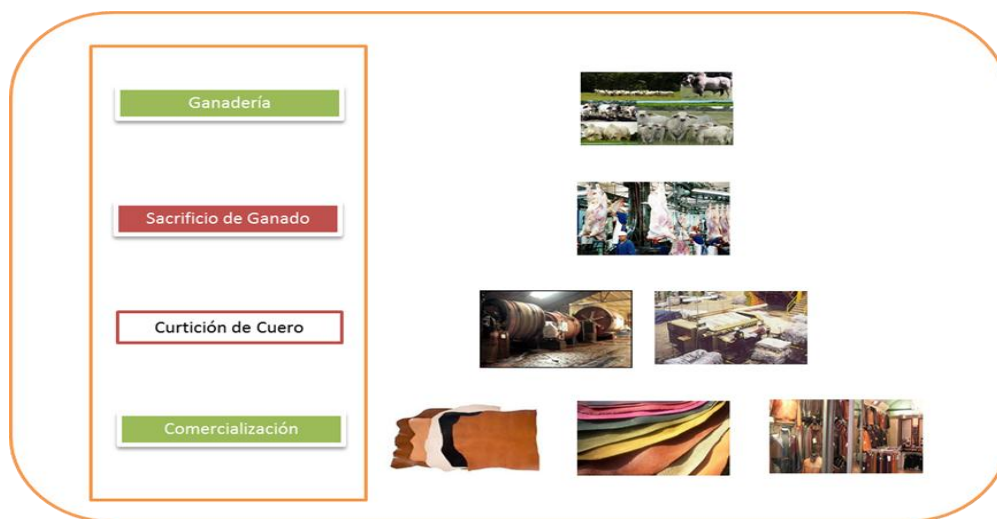
5. MARCO TEÓRICO

5.1 LA INDUSTRIA CURTIEMBRE EN EL CONTEXTO GLOBAL¹

El curtido es el proceso de transformación de las pieles en cuero, mediante la reacción de las fibras de colágeno de la piel con los agentes curtientes para evitar su descomposición y facilitar su uso. El producto final se emplea como materia prima en la industria del calzado, marroquinería, talabartería, etc.

La cadena del cuero y sus manufacturas tienen su origen en el hato ganadero donde se obtiene el cuero crudo, que es la materia prima básica. Esta cadena comprende los siguientes eslabones: hato ganadero, sacrificio, comercialización de la piel, curtido, manufacturas de cuero, calzado, subproductos del cuero y comercialización de los productos; como se muestra en la Figura 1.

Figura 1. Cadena productiva del cuero



Fuente: Mindesarrollo (2001).

¹ MAVDT. Guía ambiental para la Industria del Curtido y Preparado de Cueros Cap.1. Colombia, 2006.

El principal uso de los cueros y pieles a escala mundial es en la industria del calzado, por tanto, la demanda de cuero está determinada por la demanda de calzado. Según la FAO la producción mundial de calzado de cuero bordea los 4500 millones de pares al año con un crecimiento anual promedio de 2% en los últimos 20 años.

5.2 LA INDUSTRIA CURTIEMBRE EN EL CONTEXTO NACIONAL²

La clasificación económica para la industria del cuero es la siguiente: el curtido y preparado de cueros (CIIU 191000) está compuesto por las actividades de curtido y acabado del cuero (CIIU 191001), repujado del cuero (CIIU 191002), charolado del cuero (CIIU 191003) y fabricación de cueros gamuzados, apergaminados, metalizados, regenerados o grabados (CIIU 191004)¹.

5.2.1 Reseña histórica de las curtiembres del país. Las primeras curtiembres del país datan de los años veinte en Antioquia y de los años cincuenta con curtiembres en Cundinamarca; posteriormente algunos productores de esta última región se concentraron a las afueras de Bogotá cerca del río Tunjuelito, conformando la zona conocida actualmente como San Benito.

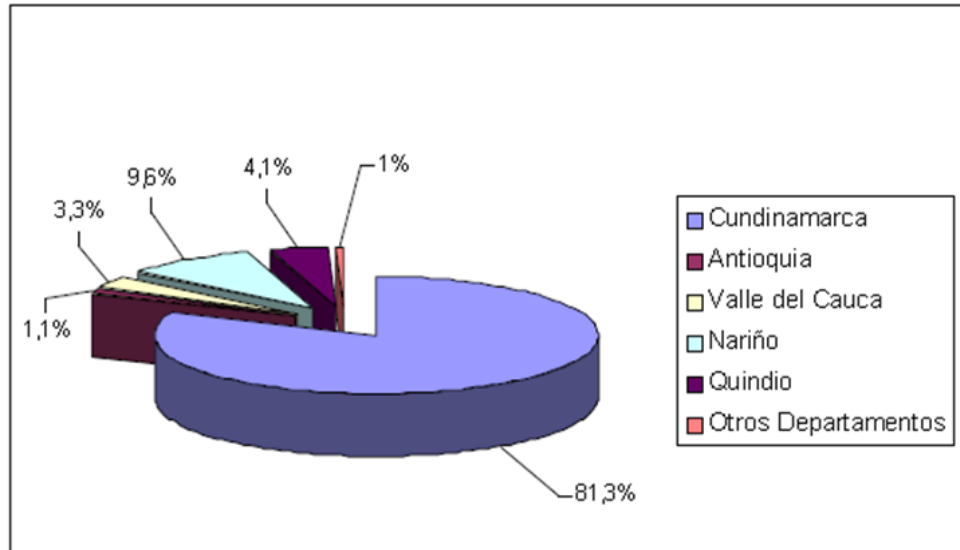
Actualmente se encuentran curtiembres en los departamentos de Nariño, Quindío, Risaralda, Cundinamarca, Antioquia, Atlántico, Valle del Cauca, Tolima, Bolívar, Huila y Santander. El sector cuenta con aproximadamente 800 empresas en el país, de las cuales más del 60% se encuentran ubicadas en Bogotá.

Se caracterizan por ser micro o fami-empresas, tener procesos artesanales y carecer de sistemas técnicos de control al riesgo y vigilancia de la salud de los trabajadores expuestos; por lo cual el sector de curtiembres es catalogado como

² ALZATE, Adriana. Proyecto de Gestión Ambiental en la Industria Curtiembre en Colombia, Diagnóstico y Estrategias. Colombia 2004.

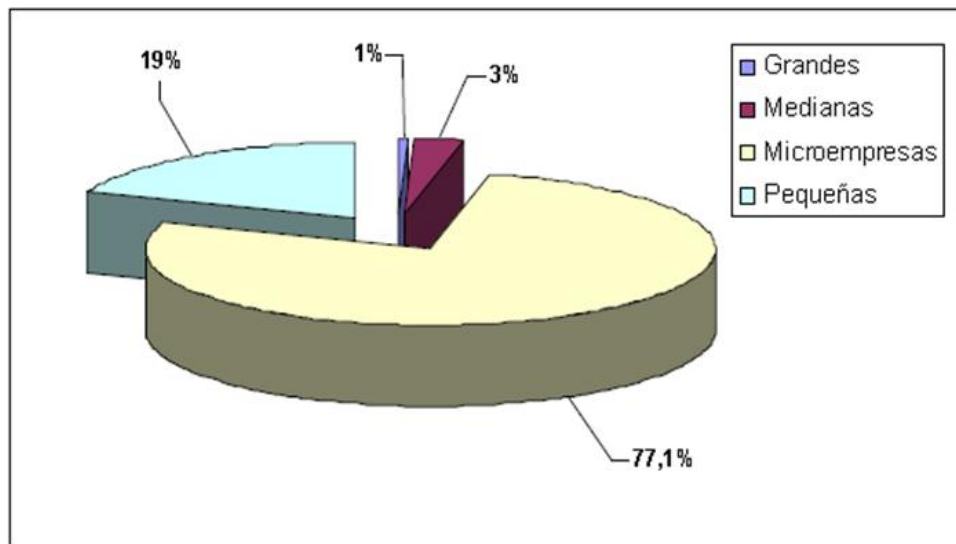
altamente contaminante. En la Figura 2 muestra la ubicación de esta industria por departamento, y en la Figura 3 se muestra la clasificación por tamaño de empresa.

Figura 2. Ubicación de la industria curtidora en Colombia



Fuente. Mindesarrollo (2001)

Figura 3. Estructura del sector de las curtiembres en Colombia



Fuente. Mindesarrollo (2001)

5.3 EL PROCESO DE CURTIDO DE PIELES³

En general, el proceso de curtido, se puede dividir en tres etapas principales: ribera, curtido y acabado. En el Anexo A se muestran los diagramas de flujo de estas operaciones.

5.3.1 Ribera. (Ver Anexo A.1).

- **Almacenamiento y recorte de las pieles.** Después de separada la piel de la carne del animal, se hace el recorte patas, cola, cabeza y genitales, posteriormente la piel se somete a un procedimiento de conservación para evitar su degradación biológica.
- **Lavado y Remojo.** Limpieza de las pieles de toda materia extraña como tierra, sangre, estiércol, etc., con agua y detergentes. se debe eliminar la mayor parte de la sal proveniente de la conservación. Esta etapa contribuye a restituir la humedad perdida a la piel.
- **Pelambre y Encalado.** Operación en la que se elimina el pelo presente en el cuero, mediante un ataque químico con cal (encalado) y con sulfuro de sodio, o un ataque enzimático, mediante proteasas, en solución acuosa.
- **Descarnado.** Etapa en la que se elimina mecánicamente, el tejido subcutáneo (restos de músculos y nervios), las grasas y demás elementos indeseados en el proceso.
- **Dividido.** Se corta la piel depilada por la mitad de su espesor para producir dos capas, la flor y la carnaza.

5.3.2 Curtido (Ver Anexo A.2).

- **Desencalado.** Eliminación de la cal y demás productos alcalinos de la operación de ribera. Se emplean soluciones acuosas de ácidos como el clorhídrico, sulfúrico, fórmico, etc.

³ Documento de Difusión: Opciones de Gestión Ambiental: Sector Curtiembres. INTEC-CHILE. (2000)

- **Rendido o Purga.** Proceso enzimático que permite un aflojamiento de la estructura del colágeno, al tiempo que limpia la piel de restos de proteínas, pelo y grasa de los procesos anteriores.
- **Piquelado.** Operación en la que se elimina totalmente el álcali remanente de la piel, se emplean ácidos como: sulfúrico y fórmico y sales como: cloruro y sulfato de sodio.
- **Desengrasado.** Operación para dejar la piel libre de grasas que impidan la fijación de los curtientes; se realiza con disolventes orgánicos (kerosene, percloroetileno), o agentes tensoactivos (jabones sódicos, detergentes sintéticos).
- **Curtido.** El curtido es la transformación de la piel en el cuero comercial, a través de un proceso de fijación del agente de curtiembre sobre la piel, en fulones durante un tiempo determinado. Los agentes de curtido más usados son las sales de cromo y los curtientes naturales (taninos).
- **Engrase:** los cueros recién curtidos se impregnan con aceites vegetales, animales o minerales, para aportarle suavidad y flexibilidad al cuero.
- **Recurtido.** Tratamiento que se le da al cuero curtido con el objeto de obtener un cuero más lleno, con mejor resistencia al agua, mayor blandura o para favorecer la igualación de tintura que no se han podido obtener con la sola curtición. Los agentes recurtientes más usados son: sales de cromo, recurtientes naturales y/o artificiales.
- **Teñido.** Etapa final de la curtición en la que se le da al cuero el color requerido por el cliente, se realiza en fulones mediante la adición de colorantes ácidos o básicos.

5.3.3 Acabado. Al cuero teñido y seco se le aplican una serie de subetapas de acabado, a fin de darle la presentación deseada según sea el tipo de producto final. (Ver Anexo A.3).

6. MARCO LEGAL

6.1 TRATADOS INTERNACIONALES RATIFICADOS POR COLOMBIA⁴

- **Pacto internacional de derechos sociales, económicos y culturales.**
Artículo 11: derechos derivados del derecho a tener un nivel de vida adecuado, incluso alimentación, vestido y vivienda y artículo 12: derecho al más alto nivel posible de salud.
- **Observación número 15 efectuada por el comité de derechos económicos sociales y culturales, en el 29º período de sesiones en Ginebra.** En la cual se expresaron los fundamentos jurídicos sobre el derecho al agua, en los siguientes términos: “El agua es un recurso natural limitado y un bien público fundamental para la vida y la salud. El derecho humano al agua es indispensable para vivir dignamente y es condición previa para la realización de otros derechos humanos. El derecho humano al agua es el derecho de todos a disponer de agua suficiente, salubre, aceptable, accesible y asequible para el uso personal y doméstico. Un abastecimiento adecuado de agua salubre es necesario para evitar la muerte por deshidratación, para reducir el riesgo de las enfermedades relacionadas con el agua y para satisfacer las necesidades de consumo e higiene.
- **Acuerdo para la creación del Instituto Interamericano para la investigación del cambio global.** Ratificado por Colombia mediante la Ley 304 del 5 de agosto de 1996 cuyo objetivo es promover la cooperación regional para la investigación interdisciplinaria sobre aspectos del cambio global relacionados con la tierra, el mar, la atmósfera y el medio ambiente y el efecto sobre los ecosistemas y biodiversidad. Mejorar la capacidad científica, técnica e infraestructura de investigación de los países de la región.

⁴<http://www.dnp.gov.co/PortalWeb/Programas/ViviendaAguayDesarrolloUrbano/MedioAmbiente/Conveniosinternacionalessobremedioambientesus.aspx>

- **Convención de la Naciones Unidas de lucha contra la desertificación en los países afectados por sequía grave o desertificación.** Ratificada por Colombia mediante la ley 461 del 4 de Agosto de 1998 cuyo objetivo es luchar contra la desertificación y mitigar los efectos de la sequía grave o desertificación mediante la adopción de medidas eficaces en todos los niveles apoyadas por acuerdos de cooperación y asociación internacionales; la aplicación de estrategias integradas a largo plazo que se centren en el aumento de la productividad de las tierras, la rehabilitación, la conservación y el aprovechamiento sostenible de los recursos.
- **Convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático.** Ratificada por Colombia mediante la Ley 164 del 27 de octubre 1994 cuyo objetivo es establecer las concentraciones atmosféricas de gases efecto invernadero a niveles que impidan que las actividades humanas afecten peligrosamente al sistema climático mundial.
- **Convenio de Viena para la protección de la capa de ozono.** Ratificada por Colombia mediante la Ley 30 del 5 de marzo de 1990, cuyo objetivo es tomar las medidas apropiadas para proteger la salud humana y el medio ambiente contra los efectos adversos resultantes o que puedan resultar de las actividades humanas que modifiquen o puedan modificar la capa de ozono.
- **Declaración de Río sobre el medio ambiente y el desarrollo.** Cuyo objetivo es establecer una alianza mundial nueva y equitativa mediante la creación de nuevos niveles de cooperación entre los Estados, los sectores claves de la sociedad y las personas.

6.2 CONSTITUCIÓN POLÍTICA NACIONAL DE 1991 (CP)⁵

La Constitución Política de Colombia, promulgada en 1991 consagra cerca de sesenta artículos referidos al medio ambiente y al desarrollo sostenible.

⁵ http://wsp.presidencia.gov.co/Normativa/Documents/ConstitucionPoliticaColombia_20100810.pdf

- **Preámbulo de la Constitución.** El derecho a la vida humana como bien supremo de nuestra sociedad, se encuentra consagrado desde el preámbulo mismo de la Constitución Política, cuyo deber de garantía se erige como valor superior de la organización política imperante en el Estado Colombiano, en cuya salvaguarda deben concurrir tanto particulares como autoridades públicas; las últimas con mayor carga de responsabilidad que los primeros, tomando en cuenta el fin social para el cual han sido establecidas.
- **Artículo 8.** Establece como obligación del Estado y de las personas proteger las riquezas culturales y naturales de la Nación.
- **Artículos 11 y 13.** Establecen el derecho a la vida como inviolable y la obligación para el Estado de protegerlo, de manera reforzada para aquellas personas que por su “condición económica, física o mental, se encuentren en circunstancias de debilidad manifiesta”. La Corte Constitucional ha sido insistente al decir que el derecho a la vida debe mirarse en sentido amplio, entendida la connotación de existencia en condiciones dignas, es decir atendiendo el conjunto de circunstancias mínimas inherentes al individuo que le permitan vivir con dignidad -lo menos penosa posible- acorde con su naturaleza de ser humano, para lo cual deben tomarse en cuenta aspectos como la satisfacción de las necesidades básicas, la salud, la edad, las situación de discapacidad o de debilidad manifiesta en que se encuentre el individuo, o cualquiera otra que desde una concepción social del Estado, implique de éste una especial atención.
- **Artículos 93 y 94.** En virtud de los cuales se acoge como criterio de interpretación válido los tratados internacionales ratificados por Colombia y en especial, la recomendación No. 15 del pacto internacional de derechos económicos sociales y culturales y en consecuencia debe considerarse como un derecho social autónomo, y deben incorporarse en el ordenamiento jurídico interno los instrumentos internacionales en los que se reconoce el derecho al agua, ampliando considerablemente el alcance y la eficacia de las medidas correctivas.

- **Artículo 58, inciso 2.** Establece que la propiedad es una función social que implica obligaciones. Como tal, le es inherente una función ecológica.
- **Artículo 65.** La producción de alimentos gozará de la especial protección del Estado. Para tal efecto, se otorgará prioridad al desarrollo integral de las actividades agrícolas, pecuarias, pesqueras, forestales y agroindustriales.
- **Artículo 79.** Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica.
- **Artículo 80.** Establece que el Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución y que además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados.
- **Artículo 95, numeral 8.** Establece como deber de la persona y del ciudadano, proteger los recursos culturales y naturales del país y velar por la conservación de un ambiente sano;
- **Artículo 334.** La dirección general de la economía estará a cargo del Estado. Este intervendrá, por mandato de la ley, en la explotación de los recursos naturales, en el uso del suelo, en la producción, distribución, utilización y consumo de los bienes.
- **Artículo 366.** El bienestar general y el mejoramiento de la calidad de vida de la población son finalidades sociales del Estado. Será objetivo fundamental de su actividad la solución de las necesidades insatisfechas de salud, de educación, de saneamiento ambiental y de agua potable.
- **Jurisprudencia constitucional sobre el derecho fundamental al agua.**⁶ La jurisprudencia constitucional ha puntualizado que el derecho a la vida no hace referencia únicamente a la vida biológica, sino también a las condiciones de vida correspondientes a la dignidad del ser humano, es decir se ha ligado el

⁶<http://www.agua.todosatierra.com/wp-content/uploads/2010/04/DERECHO-AL-AGUA-EN-COLOMBIA.pdf>

concepto de vida digna con el núcleo básico del mínimo vital de subsistencia, lo que se ve directamente relacionado con el acceso mínimo al agua.

- **Sentencia T-578/92 de la Corte Constitucional.** Se dijo que en principio, el agua constituye fuente de vida y la falta del servicio atenta directamente con el derecho fundamental a la vida de las personas. Así pues, el servicio público domiciliario de acueducto y alcantarillado en tanto que afecte la vida de las personas (CP art. 11), la salubridad pública (CP arts. 365 y 366) o la salud (CP art. 49), es un derecho constitucional fundamental y como tal ser objeto de protección a través de la acción de tutela."
- **Sentencia T-523/94 de la Corte Constitucional.** La Corte se refirió al agua potable y al ambiente sano, así "Es aspiración del ser humano superar el subdesarrollo. Uno de los factores que apuntan a este anhelo es el de vivir en un ambiente sano. Los elementos constitutivos de ese propósito son generalmente derechos tutelables porque se refieren a la vida y la salud, por lo mismo no son renunciables ni negociables.

6.3 LEYES Y DECRETOS⁷

- **Decreto 2811 de 1974.** Subrogado y derogado parcialmente por la Ley 99 de 1993, por medio del cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Ambiente.
- **Decreto 2858 de 198.** por el cual se reglamenta parcialmente el artículo 56 del Decreto ley 2811 de 1974 y se modifica el Decreto 1541 de 1978 que regula el otorgamiento de permisos especiales para la realización de estudios de factibilidad sobre aprovechamiento de aguas con destino a la formulación de proyectos de riego a nivel de finca o grupos de fincas.
- **Ley 9 de 1979.** Por la cual se dictan medidas sanitarias. Se establecen los parámetros generales de protección al medio ambiente, en temas como

⁷ <http://www.lexbasecolombia.info/>

residuos líquidos, residuos sólidos, disposición de excretas, emisiones atmosféricas y áreas de captación.

- **Decreto 02 de 1982.** Derogado parcialmente por el Decreto 948 de 1995, por el cual se reglamentan parcialmente el título I de la Ley 9 de 1979 y el Decreto-Ley 2811 de 1974, en cuanto a emisiones atmosféricas.
- **Decreto 2104 de 1983.** Por el cual se reglamenta parcialmente el Título III de la Parte IV del Libro I del Decreto Ley 2811 de 1974 y los Títulos I y XI de la Ley 9 de 1979 en cuanto a residuos sólidos: almacenamiento, recolección, transporte, disposición sanitaria y demás aspectos relacionados con las basuras, cualquiera sea la actividad o el lugar de generación.
- **Decreto 1594 de 1984.** Derogado parcialmente por el Decreto 3930 de 2010 y por el Decreto 1575 de 2007, por el cual se reglamenta parcialmente la Parte III del Decreto 2811 de 1974, en cuanto a usos del agua y el manejo de los residuos líquidos.
- **Ley 99 de 1993.** Por el cual se establecen los Principios Generales Ambientales que orientan la política ambiental colombiana.
- **Decreto 1753 de 1994.** Derogado parcialmente por los decretos 1892 de 1999 y por el Decreto 1791 de 1996. Por el cual se reglamenta parcialmente la Ley 99 de 1993 en cuanto a las licencias ambientales.
- **Ley 142 de 1994.** Define al servicio público domiciliario de agua potable, como la distribución municipal de agua apta para el consumo humano, incluida su conexión y medición.
- **Decreto 2150 1995.** Derogado parcialmente por la ley 1438 de 2011, Decreto 2090 de 2003 y por la Ley 388 de 1997, ppor el cual se suprimen y reforman regulaciones, procedimientos o trámites innecesarios en la Administración pública. Establece que las licencias ambientales deben llevar implícitos todos los permisos, autorizaciones y concesiones de carácter ambiental, necesario para la construcción, desarrollo y operación de la obra, industria o actividad.
- **Decreto 948 de 1995:** Adicionado por el Decreto 789 de 2010, derogado parcialmente por la Ley 1333 de 2009. Define el marco de las acciones y

mecanismos administrativos de las autoridades ambientales para mejorar y preservar la calidad del aire.

- **Ley 373 de 1997.** Derogada parcialmente por las leyes 508 de 1999 y 812 de 2003, por la cual se establece el programa para uso eficiente y ahorro de agua, su articulado consigue demostrar el interés de crear mecanismos que incentiven el uso eficiente y ahorro del agua, y también la desestimulación del uso ineficiente de la misma.
- **Decreto 1729 de 2002.** Regula el uso adecuado del territorio para su apropiado ordenamiento y manejo de cuencas hidrográficas, allí se dispone lo relacionado con el plan de ordenamiento: su elaboración, ejecución y fuentes de financiación.
- **Decreto 3100 de 2003.** Derogado parcialmente por el Decreto 2570 de 2006 y modificado por el Decreto 3440 de 2004, por medio del cual se reglamentan las tasas retributivas por la utilización directa del agua como receptor de los vertimientos puntuales y se toman otras determinaciones.
- **Decreto 216 de 2003.** Por el cual se determinan los objetivos, la estructura orgánica del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y se dictan otras disposiciones.
- **Ley 1333 de 2009.** Por la cual se establece el procedimiento sancionatorio ambiental y se dictan otras disposiciones.

7. IMPACTOS AMBIENTALES DE LA INDUSTRIA DE CURTIDO DE PIELES⁸

El sector curtidor tradicionalmente ha sido reconocido como altamente contaminante, debido a la naturaleza del proceso de curtición y a las prácticas artesanales de una gran parte de estos industriales donde se generan problemas ambientales que afectan los diferentes componentes ambientales así:

- **El recurso hídrico⁹.** Se ve afectado por la gran cantidad de insumos involucrados en el proceso productivo así como la naturaleza misma de las pieles que aportan una alta carga orgánica a los vertimientos; adicionalmente, algunos subproductos y residuos se vierten normalmente con las aguas residuales a la red de alcantarillado o a los cuerpos de agua.
- **El recurso aire.** El impacto se presenta en tres sentidos: el primero de ellos por el combustible empleado para la generación de vapor que al presentar impurezas y alto contenido de azufre y quemarse en condiciones inapropiadas, genera emisiones atmosféricas con cargas por encima de los máximos permitidos; en segundo lugar, los vapores orgánicos y material particulado generados en las operaciones de acabado en las cuales se aplican pinturas de base solvente por aspersión y finalmente, los olores generados en las operaciones de limpieza de las trampas de sólidos y grasas en donde por efectos del pH se producen gases sulfurosos.
- **El recurso suelo.** Se ve afectado por los sólidos procedentes de las trampas de sólidos y grasas, los residuos del procesamiento de subproductos como lodos, residuos del rebajado y desorillo, entre otros.

⁸ MAVDT. Guía ambiental para la Industria del Curtido y Preparado de Cueros Cap. 2. Colombia, (2006)

⁹ PEÑA, José. Gestión Ambiental del agua en las Empresas de Curtiembre. Universidad del Táchira. Venezuela.

7.1 PRINCIPALES DESCARGAS DEL PROCESO DE CURTIDO¹⁰

El Proceso productivo de la curtiembre en general es altamente contaminante, sin embargo existen etapas del proceso cuyos impactos sobre el medio ambiente son leves, y etapas del proceso que impactan al ambiente de manera muy significativa; a continuación se detalla cada una de las etapas del proceso de curtido, indicando los principales impactos ambientales que se generan en cada una de ellas.

Es importante destacar que la producción de cuero es uno de los procesos industriales que mayor número de modificaciones presenta de una planta a otra, aun cuando se procese el mismo tipo de piel, para un mismo producto; como consecuencia de las diversas modificaciones al proceso, se presenta también una alta variación en los impactos producidos al medio ambiente por cada curtiembre.

Para procesar una tonelada de pieles saladas¹¹, se requiere en promedio 450 kg de diferentes reactivos químicos y 50 m³ de agua; obteniéndose como resultado aproximadamente 255 kg de cuero acabado, 40 kg de solventes emitidos a la atmósfera, 640 kg de residuos sólidos, 380 kg como residuos (sólidos y líquidos) de reactivos y el resto, 138 kg, es agua que pierde la piel. El volumen de agua requerido en todo el proceso fluctúa entre 15 a 50 m³ por tonelada de piel fresca; estos grandes volúmenes de agua son descargados en los efluentes de la planta al finalizar el proceso, las pieles aportan a los efluentes del proceso entre 0,12 a 0,15 m³ por tonelada curtida.

La mayoría de las etapas del proceso de curtido se dan en medio acuoso; en consecuencia, los principales contaminantes se encuentran en el agua residual

¹⁰ Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente de Bogotá - DAMA. Guía ambiental para el sector curtiembres.

¹¹ J. Buljan, G.Reich, J. Ludvick - United Nations Industrial Development Organization (UNIDO), Mass Balance in the Leather Processing (Mayo 1997).

como materia orgánica (expresada como DBO o DQO), sólidos suspendidos, sulfuro y cromo.

El cuero retiene en promedio el 15% de los reactivos químicos aplicados a lo largo de todas las etapas de curtido, siendo el 85% restante eliminado en los efluentes. La recuperación de estos reactivos en los efluentes contribuye a la mitigación de los impactos ambientales sobre el recurso hídrico, y al mismo tiempo representa un gran beneficio económico para la empresa curtiente al hacer un mayor aprovechamiento de sus insumos. Las emisiones atmosféricas no son de menor importancia en relación con las descargas hídricas, y se producen en las siguientes etapas:

- **Pelambre:** por la generación de H_2S por el uso de sulfuro de sodio en esta operación.
- **Desencalado:** por la generación de NH_3 cuando se usa sulfato de amonio.
- **Acabado:** por la emisión de solventes provenientes del pintado y la generación de material particulado en la operación de lijado del cuero.
- **Uso de energía:** por la emisión de dióxido de carbono, material particulado y COV en la producción de vapor en calderas.

7.1.1 Descargas del remojo y/o lavado. Es la etapa del proceso con mayor demanda de agua y una de las más contaminantes. Los efluentes de esta operación contienen tierra, sangre, estiércol, grasas y otros componentes orgánicos de la piel, sal, biocidas y reactivos químicos usados en la operación.

Si se trabaja con pieles saladas, el 60% del cloruro contenido en las aguas residuales proviene de la sal empleada para la preservación de las pieles¹² y otro

¹² European Commission, Directorate General JRC (Joint Research Center), Institute for Prospective Technological Studies (Seville), Technologies for Sustainable Development European IPPC Bureau, Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) – Reference Document on Best Available Techniques for the Tanning of Hides and Skins (Mayo, 2001).

40% del piquelado y del curtido. El Cuadro 1 muestra valores típicos de los parámetros fisicoquímicos del efluente.

Cuadro 1. Lavado y/o Remojo: parámetros fisicoquímicos del efluente¹³

Parámetro	Valor
Volumen de agua [m ³ /t piel]	10
Sólidos totales [kg/t piel]	160
Sólidos suspendidos [kg/t piel]	15
DBO [kg/t piel]	10
DQO [kg/t piel]	27
Nitrógeno Total [kg/t piel]	3,8
Cloruro de sodio [kg/t piel]	140
Cloruro, Cl ⁻ [kg/t piel]	85

Fuente: Practical Possibilities for Cleaner Production in Leather Processing, W. Frendrup, (1999)

7.1.2 Descargas del pelambre. Las cargas contaminantes de esta operación, mostrados en El Cuadro 2, provienen principalmente de:

- **Pelo:** Compuesto de queratina, al ser destruido por la acción del sulfuro sodio genera residuos de carácter básico que aportan a la carga de DBO y de sólidos suspendidos.
- **Constituyentes de la piel:** Proteínas, grasas y otros componentes orgánicos distintos al colágeno, aportan a la carga de DBO.
- **Tensoactivos:** Empleados como agentes de limpieza y como humectantes, aportan a la carga de DQO y la toxicidad del efluente.
- **Nitrógeno amoniacal:** Producto de las fermentaciones anaeróbicas de las proteínas de la piel.
- **Grasas:** Provenientes del tejido adiposo de la piel.

¹³ Se emplea la tonelada (t) como unidad de masa por ser la de mayor aplicación en las diversas formulaciones de la industria curtiembre; esta unidad no pertenece al Sistema Internacional de Unidades SI, pero se aceptan su equivalencia (1 t=1000 Kg), y su símbolo t.

- **Alcalinidad:** Estos efluentes alcanzan pH que oscilan entre 11 y 12, debido al empleo de la cal y el sulfuro. Se requiere una eliminación total del sulfuro antes de ser neutralizados y descargados.
- **Cal apagada Ca(OH)_2 :** Es poco soluble en agua y, debido a que se trabaja con un exceso, subsisten sólidos no disueltos que ayudan al incremento de los sólidos suspendidos y a elevar el pH en el efluente.
- **Sulfuro:** Anión altamente tóxico, causante de la disminución del oxígeno disuelto en el agua y la respectiva afectación en la vida acuática. Una disminución en el pH por debajo de 10, estimula la producción de sulfuro de hidrógeno (H_2S), gas altamente tóxico.

Cuadro 2. Pelambre: parámetros fisicoquímicos del efluente

Parámetro	Valor
Volumen de agua [m^3/t piel]	12
Sólidos totales [kg/t piel]	187
Sólidos suspendidos [kg/t piel]	93
DBO [kg/t piel]	50
DQO [kg/t piel]	130
Nitrógeno Tota [kg/t piel]	5,8
Nitrógeno amoniacal [kg/t piel]	0,4
Sulfuro, S^{2-} [kg/t piel]	8,5
Cloruro de sodio [kg/t piel]	25
Cloruro, Cl^- [kg/t piel]	15
Aceites y grasas [kg/t piel]	5

Fuente: Practical Possibilities for Cleaner Production in Leather Processing, W. Frendrup, (1999)

7.1.3 Descargas del descarnado y dividido. De estas operaciones se obtienen como residuos: carnaza, grasas y recortes de piel, los cuales en la mayoría de los casos se venden como materia prima de otras industrias, los residuos líquidos en estas operaciones son mínimos.

7.1.4 Descargas del desencalado y purgado. La mayor contaminación generada en estas operaciones se registra en el efluente líquido, ya que éste generalmente arrastra entre un 3% y 5% de sulfuro aplicado en el pelambre y contiene nitrógeno amoniacal a causa del uso del sulfato de amonio.

En este proceso se generan emisiones gaseosas de olor característico a amoníaco, pero en concentraciones tales que no representan peligro ni para la salud ni para el medio ambiente. El Cuadro 3 muestra valores típicos de los parámetros fisicoquímicos del efluente.

Cuadro 3. Desencalado y purga: parámetros fisicoquímicos del efluente

Parámetro	Valor
Volumen de agua [m ³ /t piel]	7
Sólidos totales [kg/t piel]	40
Sólidos suspendidos [kg/t piel]	6
DBO [kg/t piel]	5
DQO [kg/t piel]	12
Nitrógeno Total [kg/t piel]	7
Nitrógeno amoniacal [kg/t piel]	6
Sulfuro, S ²⁻ [kg/t piel]	0,5
Cloruro, Cl ⁻ [kg/t piel]	1
Sulfato, SO ₄ ²⁻ [kg/t piel]	17
Aceites y grasas [kg/t piel]	1

Fuente: Practical Possibilities for Cleaner Production in Leather Processing, W. Frentrup, (1999)

7.1.5 Descargas del curtido al cromo. Los contaminantes más importantes generados en esta operación se encuentran en el efluente líquido, cuyo principal contaminante es Cr(III). En el Cuadro 4 muestra los valores típicos de estas descargas.

7.1.6 Descargas de curtido al vegetal. Los efluentes líquidos de esta operación presentan una alta carga en DQO (por encima de 120 kg/t piel). Algunas de las sustancias presentes en éstos tienen una baja biodegradabilidad¹⁴. El Cuadro 5 muestra los valores típicos de las descargas del curtido al vegetal.

Cuadro 4. Curtido al cromo: parámetros fisicoquímicos del efluente

Parámetro	Valor
Volumen de agua [m ³ /t piel]	4
Sólidos totales [kg/t piel]	225
Sólidos suspendidos [kg/t piel]	7
DBO [kg/t piel]	3
DQO [kg/t piel]	7
Nitrógeno Total [kg/t piel]	1
Nitrógeno amoniacal [kg/t piel]	0,5
Cromo, Cr [kg/t piel]	9
Cloruro de sodio [kg/t piel]	116
Cloruro, Cl ⁻ [kg/t piel]	70
Sulfato, SO ₄ ²⁻ [kg/t piel]	45
Aceites y grasas [kg/t piel]	1,5

Fuente. Practical Possibilities for Cleaner Production in Leather Processing, W. Frendrup, (1999)

Cuadro 5. Curtido al vegetal: parámetros fisicoquímicos del efluente

Parámetro	Valor
Volumen de agua [m ³ /t piel]	5
Sólidos totales [kg/t piel]	200-300
Sólidos suspendidos [kg/t piel]	100-125
DBO [kg/t piel]	40-75
DQO [kg/t piel]	120-220
Cloruro, C ⁻ [kg/t piel]	50
Cloruro de sodio [kg/t piel]	645

Fuente: Practical Possibilities for Cleaner Production in Leather Processing, W. Frendrup, (1999)

¹⁴Frendrup Willy - Danish Technological Institute/Environmental Technology, Practical Possibilities for Cleaner Production in Leather Processing, (September, 1999).

7.1.7 Descargas del post-curtido. Las descargas líquidas de estas operaciones son de menor importancia, pero la generación de residuos sólidos principalmente por las virutas y aserrín provenientes de la operación de raspado o rebajado es bastante significativo; si estos residuos se elimina en conjunto con el efluente líquido, constituyen un aporte considerable en sólidos suspendidos. El Cuadro 6 muestra valores promedio de estas descargas.

Cuadro 6. Post-curtido: parámetros fisicoquímicos del efluente

Parámetro	Valor
Volumen de agua [m ³ /t piel]	12
Sólidos totales [kg/t piel]	70
Sólidos suspendidos [kg/t piel]	20
DBO [kg/t piel]	16
DQO [kg/t piel]	45
Nitrógeno Total [kg/t piel]	1,2
Nitrógeno amoniacal [kg/t piel]	1
Cromo, Cr [kg/t piel]	1
Cloruro, Cl ⁻ [kg/t piel]	7
Sulfato, SO ₄ ²⁻ [kg/t piel]	12
Aceites y grasas [kg/t piel]	10

Fuente: Practical Possibilities for Cleaner Production in Leather Processing, W. Frendrup, (1999)

7.1.8 Descargas del acabado. Los principales residuos de las operaciones del acabado (lijado, raspado, pintado, etc.) son:

- **Aguas residuales.** Provenientes de algunos equipos, en operaciones como planchado, depurado de gases, etc.
- **Residuos sólidos.** Como virutas, polvo del lijado de cuero y recortes.
- **Solventes orgánicos.** Provenientes de las pinturas, en forma gaseosa o mezclados en los efluentes.

7.1.9 Consumo y descarga de agua en operaciones menores de la planta. En las operaciones menores de la planta (descarnado, escurrido, secado, pintado, etc.), el uso doméstico (sanitarios) y actividades auxiliares (limpieza de las instalaciones de la planta), se presenta un consumo considerable de agua y su consecuente aporte a la descarga de la planta. En el Cuadro 7 se resumen los valores típicos de estos consumos para una planta convencional de curtido.

Cuadro 7. Consumos de agua empleados en las operaciones menores de una planta de curtido

Operación	Consumo [m ³ /t piel]
Descarnado y dividido	0,7
Escurredo (exprimido a presión)	0,9
Secado al vacío	6
Pintado	0,25
Acabado	3
Sanitario	4,5
Limpieza	>0.5
Total estimado	19

Fuente: Practical Possibilities for Cleaner Production in Leather Processing, W. Frentrup, (1999)

8. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE LA EMPRESA OBJETO DE ESTUDIO

En este capítulo se realiza un análisis detallado del proceso productivo de la industria Curtiembres del Valle Ltda., se estudia cada etapa del proceso a fin de identificar los principales impactos ambientales generados sobre los recursos agua, aire y suelo. En el Capítulo 10 se formulan alternativas para la disminución de los impactos encontrados

8.1. IDENTIFICACIÓN DE LA INDUSTRIA¹⁵

La industria CURTIEMBRES DEL VALLE Ltda., es una empresa santandereana con más de 40 años de funcionamiento y una de las mejores del país en el curtido de cueros al vegetal. Su actividad principal es el proceso de curtido de pieles bovinas y caprinas, las cuales son comercializadas principalmente en el territorio nacional y una pequeña cantidad es exportada a Centroamérica y la China.

Figura 4. Instalaciones de la planta de curtido



Fuente. El Autor.

¹⁵ PABÓN. Benjamín. Informe: Caracterización Aguas Residuales Industriales de Curtiembres del Valle Ltda. (2009)

La planta está ubicada en la finca el Guacamayo, Km 1 entrada al casco urbano del municipio del Valle de San José, Departamento de Santander. Genera nueve empleos directos, de los cuales dos son cargos administrativos y los restantes son operarios de planta que se distribuyen en las diferentes áreas de trabajo.

8.2 PROCESO PRODUCTIVO

La producción mensual es de 600 pieles bovinas y 50 caprinas, aplicando la técnica de curtido al tanino mediante las etapas de ribera, curtido y acabado.

- **Etapas de ribera.** Es la primera etapa del proceso, comprende: recepción, lavado y remojo, descarnado, apelmado, partido y dividido.
- **Etapas de curtido.** Corresponde a la segunda etapa del proceso, cuyo objetivo es la de convertir las pieles en cueros, mediante la reacción de los agentes curtientes con el colágeno de las pieles; se compone de los subprocesos: descarnado, piquelado y curtido.
- **Etapas de acabado.** Es la etapa final del proceso, cuyo objetivo es impartir al cuero las características de apariencia requeridas por el cliente; se compone de los subprocesos: recurtido, blanqueado, teñido, engrasado y secado.

A continuación se describe cada una de las operaciones desarrolladas por la empresa CURTIEMBRES DEL VALLE Ltda., en el desarrollo de su proceso de curtido de pieles; se exceptúan formulaciones químicas y detalles específicos del proceso por ser considerados de carácter confidencial para la empresa.

8.2.1 Recepción de pieles. Se recibe alrededor de 600 pieles mensuales, estas pieles generalmente llegan saladas a la empresa, se almacenan en pilas de 100 a 150 pieles; se les adiciona sal común para restituir las pérdidas por manipulación, y se dejan en conservación para procesarlas en el transcurso del mes.

Cuando se reciben pieles frescas, éstas se procesan de inmediato. De acuerdo con el peso, las pieles se clasifican en gruesas (30-33 Kg/piel), medianas (28-30 Kg/piel) y livianas (25-27 Kg/piel). En la Figura 5 se muestra una pila de pieles en conservación.

Figura 5. Etapa de recepción de pieles



Fuente. El Autor

La sal sobrante de la conservación de las pieles se recoge y se vende por bultos; los costales sobrantes de la sal que se usa para resalar son empleados para el almacenamiento de carnazas y otros residuos sólidos de la planta.

El proceso de curtido empieza con el lavado y enjuague de estas pieles, para lo cual se transportan en carreta hasta el fulón de lavado

Impactos ambientales. Esta etapa del proceso no genera mayores impactos al medio ambiente, pero mediante la aplicación de una acción mecánica a las pieles antes de ser llevadas al lavado, se pueden lograr ahorros significativos tanto en agua como en insumos químicos en las siguientes etapas.

8.2.2 Lavado y remojo de pieles. Las pieles frescas que han sido sometidas al proceso de conservación con sal, se pesan e introducen al fulón en el cual se va a llevar a cabo el lavado. Esta es la operación con mayor demanda de agua y de desarrolla en dos o más etapas a saber:

- **Etapas de lavado.** En esta primera etapa se requiere aproximadamente un 300% de agua con relación al peso de las pieles en proceso, tiene una duración de unas 3 horas, y luego se hace la descarga generando unos efluentes con alta carga contaminante, puesto en ellos se retira buena parte de la sal de conservación, así como grandes contenidos de tierra, sangre, estiércol, grasas y otros componentes orgánicos de la piel, sal, biocidas y reactivos químicos usados en la operación. Estos efluentes van al tratamiento de aguas alcalinas de la planta. En la Figura 6 se muestra un fulón de lavado.

Figura 6. Fulón de lavado



Fuente. El Autor

- **Etapas de remojo.** Etapa destinada al retiro de los remanentes de sal y restablecer la humedad de la piel, se realiza en el mismo fulón de lavado, pero

por periodos cortos de 20 a 30 minutos, con un contenido inicial del 100% de agua con respecto a la masa de la piel. A diferencia del lavado, esta operación se realiza con entrada y salida continua de agua, se determina el contenido de sal a intervalos de 20 minutos, tomando como criterio de parada un contenido menor o igual a 2 °Baumé. Las descargas de esta etapa del proceso tienen igual disposición que las del proceso anterior.

Impactos ambientales. En esta etapa del proceso se generan altos impactos al medio ambiente, en particular sobre el recurso hídrico por las grandes demandas de agua y por su consecuente descarga contaminante; sin embargo, tomando algunas medidas previas al lavado, y logrando recirculación de parte de sus efluentes, se puede lograr la mitigación de estos impactos. En el Capítulo 10 de este trabajo se profundiza sobre estas medidas.

8.2.3 Pelambre. Una vez que el efluente del remojo se alcanza los 2 °Baumé, se procede con el proceso de pelambre, la cual es otra de las etapas de mayor contaminación al recurso hídrico, aunque las demandas de agua son ligeramente menores. El proceso se desarrolla básicamente en dos subetapas, en el mismo fulón, así:

- **Etapas de destrucción del pelo.** Etapa de intenso contacto de la piel con los agentes destructores del pelo (Sulfuro de sodio, cal, tensoactivo y enzimas), en esta etapa el requerimiento de agua es aproximadamente el 100% en relación con el peso de las pieles; el tiempo de esta etapa fluctúa de 3 a 4 horas. Las descargas de esta etapa del proceso se envían a un sedimentador para retirarle los lodos y luego se les aplica el mismo tratamiento que las aguas de lavado.
- **Etapas de reposo.** En esta etapa del proceso se adiciona 200% de agua en relación con el peso inicial de las pieles y se deja reposo durante un periodo

aproximado de 4 horas, mediante pruebas cualitativas sobre la piel, se determina el final de esta etapa.

Impactos ambientales. En esta etapa del proceso se generan altos impactos sobre el recurso hídrico por las grandes demandas de agua y por la alta carga contaminante de sus descargas, las cuales presentan importantes contenidos de sulfuro, cal, tensoactivos, enzimas y lodos. Este proceso también genera impacto al recurso aire por la generación y emisión de H_2S , lo cual representa un alto riesgo para la salud de los operarios por la letalidad de este gas; sin embargo, tomando algunas medidas previas de producción limpia se puede lograr la reducción de estos impactos ambientales.

8.2.4 Descarne. Esta operación se realiza en dos etapas, la primera se realiza manualmente y su objetivo es retirar de la piel las partes que no son útiles para el curtido (colas y orillos), la segunda etapa se realiza en una máquina descarnadora y su objetivo es retirar los gordos y el sebo de la piel.

Figura 7. Máquina Descarnadora



Fuente. El Autor.

En esta etapa del proceso se parten las pieles en dos parte iguales a las cuales se les denomina hojas. Las colas y los orillos retirados se empacan, pesan y apilan para luego ser vendidos a Carnacol S A.

Los residuos que se generan son tratados en la planta de sebos, obteniéndose: sebo, lodos y aguas residuales; el sebo producido se almacena en canecas y se vende, los lodos se utilizan en la producción de abono y las aguas residuales son tratadas en la PTAR.

Impactos ambientales. Esta es una de las etapas más limpias del proceso, ya que los residuos líquidos generados son mínimos y con poca carga contaminante, y los residuos sólidos son tratados y comercializados.

8.2.5 Dividido. En esta etapa se pasan las hojas de piel por una máquina divididora previamente calibrada, la cual realiza un corte longitudinal separando la flor y la carnaza.

Figura 8. Máquina divididora



Fuente. El Autor.

En el proceso se emplea pequeñas cantidades de agua, la cual es enviada a una trampa de grasas y posteriormente a la PTAR. Las carnazas se empacan, pesan y apilan para luego ser vendidos a Carnacol, por su parte, la flor continúa con la siguiente etapa del proceso de curtido.

Impactos ambientales. Esta es otra de las etapas limpias del proceso, pues los residuos líquidos que se producen son mínimos y con poca carga contaminante, y los residuos sólidos son comercializados.

8.2.6 Desencalado. Una vez separadas las carnazas, las hojas de piel son divididas en lotes y tratadas en un fulón a fin de disminuirles el pH y empezar a acondicionarlas para el curtido. El desencalado se desarrolla en dos etapas:

En la primera se agrega 200% de agua con relación al peso de la tratada y una pequeña cantidad de sulfato de amonio, se deja en el fulón en rotación durante un tiempo aproximado de 30 minutos y se le retira el agua, la cual es enviada directamente a la PTAR.

En la segunda etapa se adiciona 100% de agua y se le hace una dosificación de sulfato de amonio, bisulfito de sodio, tensoactivo y ácido fórmico, y se deja en continua rotación; mediante la aplicación de pruebas cualitativas, se determina el final de la etapa. Las aguas de esta etapa final son igualmente enviadas a la PTAR.

Impactos ambientales. Esta etapa del proceso, causa impactos ambientales sobre el recurso hídrico, debido a que la demanda de agua es considerable y las descargas contienen altas cargas contaminantes, la aplicación de ciertos cambios en el proceso puede contribuir a la mitigación de estos impactos.

8.2.7 Piquelado. Esta operación se lleva a cabo en el mismo fulón del desencalado. Una vez se determina el final del desencalado, se hace la descarga de las aguas, dejando un remanente de las mismas para el piquelado; sobre este remanente de agua se adiciona sal común, ácido fórmico y un bactericida. Se deja en el fulón durante un tiempo suficiente para regular el pH a un rango entre 3,5 a 3,8. Se descargan y se llevan a otro fulón para continuar con el proceso. Los efluentes de este proceso son conducidos a la PTAR.

Impactos ambientales. Esta etapa del proceso, causa impactos ambientales sobre sobre el recurso hídrico, pues aunque la demanda de agua es baja, las descargas contiene alta cargas contaminantes.

8.2.8 Precurtido. En esta etapa se inicia el proceso de curtición, se lleva a cabo en un fulón diferente al del piquelado, se alimenta 60% de agua en relación a la masa de pieles a tratar, un agente precurtiente y dos tipos de agentes curtientes a base de taninos denominados mimosas. Se dejan en el fulón durante un tiempo definido y se descargan estas aguas, las cuales se segregan como aguas ácidas y se envían a la PTAR.

Impactos ambientales. Los impactos ambientales de esta etapa son causados sobre el recurso hídrico, puesto que la demanda de agua es considerable y las descargas contienen alta cargas contaminantes.

8.2.9 Curtido. Es la etapa principal del proceso, en la cual se convierte la piel en cuero mediante la reacción de los agentes curtientes con el colágeno de la piel; esta operación se realiza en el mismo fulón del precurtido, adicionando 60% de agua en relación a la masa de las pieles a curtir, y se adicionan dos tipos de agentes curtientes (mimosas), un agente recurtiente y un agente engrasante.

Una vez curtidos, los cueros son conducidos a las operaciones de acabado, y las descargas son de igual manera que las de la operación de precurtido.

Impactos ambientales. Los impactos ambientales de esta etapa son similares a los de la etapa de precurtido.

8.2.10 Ecurrido. Inmediatamente después de curtidos, los cueros son apilados y conducidos a una máquina escurridora, en la cual mediante la acción mecánica, se les retira gran cantidad de humedad remante. Esta operación genera residuos líquidos los cuales son conducidos como aguas ácidas a la PTAR.

8.2.11 Rebajado. Después de escurridos, los cueros son pasados por una máquina rebajadora, cuyo objetivo es darle un calibre determinado al cuero. En esta operación se genera residuos sólidos como aserrín y ripio, los cuales son aprovechados por la empresa para el acondicionamiento de sus abonos; no se producen descargas líquidas.

Figura 9. Máquina rebajadora



Fuente. El Autor.

8.2.12 Engrasado. Operación en la que se le imprime suavidad al cuero, se lleva a cabo en un fulón, mediante la aplicación de un 50% de agua en relación a la masa de los cueros y la aplicación de diversos agentes engrasantes. Esta operación se realiza en un fulón mas pequeño que los de los anteriores procesos; la Figura 10 muestra un fulón de engrasado. Las descargas de esta operación son segregadas como aguas ácidas y conducidas a la PTAR.

Figura 10. Fulón de engrasado



Fuente. El Autor.

Impactos ambientales. Esta operación produce impactos ambientales sobre el recurso hídrico, ya que sus descargas contienen grandes cantidades de grasa y ripio.

8.2.13 Estirado. Esta operación se lleva a cabo en una máquina estiradora y el objetivo de la misma es el de quitarle al cuero las arrugas producidas en el engrasado. En la operación se generan aguas ácidas las cuales son conducidas a la PTAR. La Figura 11 muestra un operario realizando el estirado a una hoja de cuero.

Figura 11. Operario haciendo el estirado a una hoja de cuero



Fuente. El Autor.

8.2.14 Etapas finales. Finalmente, los cueros pasan al acondicionamiento final mediante operaciones como: secado, suavizado, desorillado y planchado. Luego se seleccionan, almacenan y comercializan.

Figura 12. Operación de secado con flujo de aire precalentado



Fuente. El Autor.

8.3 MANEJO DEL AGUA EN CURTIEMBRES DEL VALLE LTDA.

8.3.1 Abastecimiento. Curtiembres del Valle Ltda., se abastece de agua de la quebrada El Algarrobo, por concesión No. 0468 del 22/mayo/2007 otorgada por la CAS, para un caudal de 0,3883 L/s.

Este caudal es captado en la quebrada y almacenado en la curtiembre en un tanque de 125 m³ de capacidad, desde el cual se abastece toda la planta; no se realiza ningún tipo de tratamiento al agua para ser empleada en los diferentes procesos de la curtiembre.

Figura 13. Tanque de almacenamiento de agua, capacidad de 125 m³



Fuente. El autor.

8.3.2 Disposición de los efluentes. El manejo de aguas residuales es separado, las aguas residuales domésticas son dispuestas en un tanque séptico y las aguas residuales industriales son recogidas y tratadas antes de ser descargadas a la quebrada “El Cementerio”, afluente del río Fonce. En el *Anexo B* se muestra un registro fotográfico del sistema de tratamiento de estas aguas.

El tratamiento comprende las unidades de Trampa Grasas, Tanque de Homogenización, Floculación, Filtración y Caja de aforo final a la descarga. Las aguas industriales de esta planta son segregadas en: aguas ácidas y aguas alcalinas.

- **Aguas alcalinas:** son las provenientes de las descargas de los procesos: lavado, remojo, pelambre, descarnado, dividido, desencalado y piquelado. Estas aguas con pH cercano a 12, son conducidas por un canal hacia una trampa de grasas y de ahí hacia el tanque de igualación de pH, donde son mezcladas con las aguas ácidas. Solo las descargas del proceso de pelambre son enviadas previamente a un sedimentador en el cual se le remueven los lodos antes de ser conducidas a la trampa de grasas y al tanque de igualación.
- **Aguas ácidas:** son las provenientes de las descargas de los procesos: precurtido, curtido, escurrido, rebajado, engrasado y estirado. Estas aguas con pH menores a 3.8, son conducidas por un canal hacia una trampa de grasas y de ahí hacia el tanque de igualación de pH, donde son mezcladas con las aguas alcalinas.

Una vez las aguas tanto ácidas como alcalinas han salido de sus respectivas trampas de grasas, son enviadas al tanque de igualación de pH, donde se busca alcanzar un pH entre 6.5 a 8; posteriormente se les adiciona cierta cantidad de sulfato de aluminio y/o de cloruro férrico y se envían hacia el sedimentador-floculador.

Es necesario resaltar que este tratamiento presenta grandes fallas, en lo referente a la mezcla de las aguas ácidas con las alcalinas en el tanque de igualación, así como en la dosificación de los agentes coagulantes.

8.4 SERVICIOS INDUSTRIALES

Como servicio complementario para las labores de la planta, se encuentra la producción de vapor, la cual se lleva a cabo en una caldera, a base de GLP como combustible y es alimentada con agua del tanque de almacenamiento. Los requerimientos de vapor en todo el proceso son mínimos, y el combustible empleado es poco contaminante, por lo que este servicio industrial genera poco impacto sobre el medio ambiente.

Otro servicio complementario es la energía eléctrica requerida a lo largo de todo el proceso para hacer funcionar el gran número de máquinas y fulones, la empresa cuenta con un banco de condensadores como medida para optimizar el consumo de energía.

9. PUNTOS CRÍTICOS DEL PROCESO DE CURTICIÓN DESARROLLADO EN LA EMPRESA OBJETO DE ESTUDIO

En este capítulo analiza con mayor detalle las etapas de presentan mayor relevancia desde el punto de vista ambiental, debido a los impactos ambientales que se generan; en el Capítulo 10 se exponen las alternativas propuestas para el mejoramiento de estos procesos a fin de mitigar sus efectos sobre el ambiente, en particular sobre el recurso hídrico.

9.1 LAVADO Y REMOJO DE PIELES

Esta etapa se considera crítica por ser la de mayor demanda de agua y como consecuencia, la de mayores descargas. Este proceso es ejecutado en dos etapas, cada una con diferentes demandas de agua y diferente carga contaminante en sus descargas;

9.1.1 Lavado. Es una etapa de gran impacto, pues tiene una demanda de agua del 300% en relación a la masa de pieles a procesar (más de 10 m³), y sus descargas presentan alta concentración de sal, tierra, sangre, estiércol, grasas y otros componentes orgánicos de la piel, biocidas y reactivos químicos usados en la operación. Estos efluentes van al tratamiento de aguas alcalinas de la planta.

Observación. Los efluentes de esta etapa requieren ser filtrados o enviados a un sedimentador antes de trasladarlas al tanque de igualación, pues presenta una mayor dificultad tratar esta alta carga contaminante después de haber sido diluida con las demás descargas del proceso.

9.1.2 Remojo. Esta etapa también genera grandes demandas de agua, pues parte de una demanda de 100% con respecto al peso de las pieles (3.5 m³ aprox.).

Posteriormente, durante uno o más periodos de 20 minutos, se trabaja a fulón abierto con entrada y salida de agua, alcanzando consumos cercanos a los 10 m³. Estas descargas se tratan igual que las de la etapa inicial de lavado.

Observación. Estos efluentes presentan muy baja carga contaminante, por lo que no debería mezclarse con las aguas de lavado, ya que al entrar en contacto, se genera dilución de los contaminantes haciéndose más difícil su tratamiento final.

9.2 PELAMBRE

Es otra de las etapas de mayor contaminación al recurso hídrico, aunque las demandas de agua son ligeramente menores, sus descargas fuertemente alcalinas presentan altas cargas contaminantes, se desarrolla en dos etapas.

9.2.1 Destrucción del pelo. Es la etapa de menor demanda de agua (4 m³ aprox.), pero la de mayor carga contaminante en su descarga, con altos contenidos de sulfuro de sodio, cal, tensoactivo y lodos. Esta descarga es enviada a un sedimentador y luego se continúa con el mismo tratamiento de las aguas de lavado.

Observación. Los efluentes de esta etapa requieren ser tratados después de la sedimentación de los lodos, para oxidar todos los remanentes de sulfuro, antes de ser mezcladas con las aguas acidas en el tanque de igualación, ya que esos remanentes de sulfuro a pH menores de 10 tienden a reaccionar para producir ácido sulfhídrico (H₂S), gas letal incluso a muy bajas concentraciones.

9.2.2 Reposo. Esta etapa del proceso requiere el doble de agua que la etapa anterior, pero su carga contaminante es mucho menor. El tratamiento que reciben estas descargas es idéntico al de la etapa anterior.

Observación. Los efluentes de esta etapa requieren ser tratados después de la sedimentación de los lodos, para oxidar todos los remanentes de sulfuro, antes de ser mezcladas con las aguas acidas en el tanque de igualación, ya que esos remanentes de sulfuro a pH menores de 10 tienden a reaccionar para producir ácido sulfhídrico (H_2S), gas letal incluso a muy bajas concentraciones.

9.3 DESENCALADO Y PURGA

Esta operación genera impactos sobre el recurso hídrico, ya sus descargas son fuertemente alcalinas y contienen entre un 3% y 5% de sulfuro aplicado en el pelambre, y nitrógeno amoniacal. Estas descargas son enviadas al circuito de aguas alcalinas y posteriormente al tanque de igualación para ser tratadas.

Observación. Al igual que los efluentes del pelambre, estas descargas deben ser tratadas, para oxidar todos los remanentes de sulfuro, antes de ser mezcladas con las aguas acidas en el tanque de igualación, a fin de evitar la formación de H_2S en el tanque de igualación.

9.4 PIQUELADO, PRECURTIDO Y CURTIDO

Estas tres operaciones generan impactos similares sobre el recurso hídrico, debido a la naturaleza de sus descargas, las cuales son de carácter fuertemente ácido ($pH \leq 3,8$); entre sus principales contaminantes se encuentran: sal común, ácido fórmico, bactericidas, agentes precurtientes, curtientes y recurtientes (taninos), y agentes engrasantes. Las descargas de estos procesos se clasifican como aguas ácidas y son enviadas a la trampa de grasas, y luego al tanque de igualación donde entran en contacto con las aguas alcalinas.

Observación. Estas descargas presentan grandes contenidos de taninos, los cuales aportan de manera muy significativa a la DQO y la DBO de estos efluentes

(Ver Cuadro 5); por tanto, es recomendable tratarlos antes de mezclarlos en el tanque de igualación, pues a mayor dilución, mayor costo y dificultad su tratamiento.

9.5 ENGRASADO

Esta operación se considera crítica debido a que sus descargas presentan altos contenidos de agentes engrasantes. Los efluentes de esta operación son tratados de manera idéntica a las del piquelado, precurtido y curtido, contribuyendo con su carga de grasas y aceites al aumento de la contaminación estas últimas.

Observación. Es conveniente tratar estas aguas a fin de retirarles la mayor cantidad de grasas, previo al mezclado con los demás efluentes.

9.6 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PTAR

A pesar de no ser una etapa del proceso de curtición, se incluye la PTAR de la planta, debido a que presenta serios problemas tanto de diseño, como operacionales; los cuales se describen a continuación:

9.6.1 Tratamientos preliminares en el punto de generación de las descargas.

A excepción de las descargas del pelambre, todas las descargas son enviadas directamente a la PTAR, con lo que se genera una re-contaminación de todas las aguas del proceso, y se corre el riesgo de que ocurran reacciones fuera de control, que podría resultar peligroso para la salud humana y para el medio ambiente.

9.6.2 Segregación de aguas. Actualmente se tienen divididas las aguas ácidas de las alcalinas, pero estas después de pasar por sus respectivas trampas de grasa se vuelven a poner en contacto en el tanque de igualación.

Además de esta segregación, se requiere, para el caso de procesos con más de una descarga (lavado, pelambre, desencalado, etc.), el desvío de las aguas de las segundas aguas de menor carga contaminante para no ser re-contaminadas en el tanque de igualación.

9.6.3 Dosificación de coagulantes. Las aguas ácidas y las alcalinas son mezcladas en el tanque de igualación, donde se acondiciona el pH a valores entre 6.5 y 8.0, luego se abre la válvula de salida para enviarlas a sedimentador-floculador; a la salida del tanque de igualación, se le adiciona sulfato de aluminio y/o cloruro férrico. Estas soluciones de coagulantes se preparan sin seguir ninguna formulación y se adicionan al tanteo. Se adolece de sistema de dosificación y de mezcla rápida.

10. FORMULACIÓN DE ALTERNATIVAS DE CONTROL Y/O MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES IDENTIFICADOS EN LA INDUSTRIA OBJETO DE ESTUDIO

En este capítulo se plantean soluciones a los problemas señalados en el Capítulo anterior; estos planteamientos en su mayoría son extraídos de manuales de producción más limpia y adaptadas al proceso desarrollado en la empresa Curtiembres del Valle Ltda.

A continuación se presentan las alternativas de mejora a las diversas etapas del proceso, indicando los beneficios ambientales y económicos de las mismas.

10.1 RECEPCIÓN DE PIELES

10.1.1 Recuperación de la sal de conservación antes del lavado. Esta medida consiste en recuperar la mayor parte de la sal en forma sólida para evitar su incorporación a los efluentes.

- **Justificación de la medida.** La sal común genera impactos ambientales al ser descargada a los cuerpos de agua o al suelo, ya que ocasiona la salinidad de los mismos. Debido a la alta solubilidad de la sal común, resulta difícil y costoso eliminarla de las aguas residuales. La magnitud del impacto ambiental causado es por estas descargas es función de la concentración final de la misma y del grado de vulnerabilidad del ecosistema que la recibe. Es necesario tomar las medidas pertinentes para reducir el consumo de sal en la planta, y recuperar la mayor cantidad posible en estado sólido antes de llevar las pieles al proceso de lavado y remojo.
- **Desarrollo de la medida.** Para disminuir las descargas de sal común al efluente, se recomienda:

1. Procesar de inmediato las pieles que se reciban frescas, a fin de evitar el salado de las mismas.
2. Evitar los derrames de sal en el piso o a los drenajes. Se debe recoger la sal del suelo y almacenarla a fin de evitar su incorporación a los efluentes.
3. Remover la sal de las pieles antes del lavado; si las pieles están secas, se puede lograr mediante sacudido, o de forma manual en una mesa desaladora. Con estas medidas se puede recolectar entre 20 a 30 Kg de sal por cada tonelada de piel a procesar.
4. Emplear la sal recolectada en los procesos de resalado, o disponerla adecuadamente como residuo sólido.

➤ **Beneficios ambientales.**

1. Reducción del contenido de sal común en el proceso y por ende, en los efluentes.
2. Reducción de la demanda de agua en el lavado y remojo, y aumento de la posibilidad de reciclar estas aguas.

➤ **Beneficios económicos.**

1. Ahorro en el consumo de agua y sal común.
2. Ahorro en los costos del tratamiento de las aguas residuales, por la disminución del volumen de agua y de la concentración de sal en las descargas.

10.2 LAVADO Y REMOJO

10.2.1 Pretratamiento de las descargas del lavado. Esta medida consiste en reducir al máximo el material sólido de esta descarga, previo al envío a la PTAR.

- **Justificación de la medida.** Las aguas descargadas de esta etapa presentan un alto contenido de sólidos de mediana y baja degradación, los cuales hacen aportes significativos a la DBO y la DQO de estos efluentes, por tanto es necesario eliminar la mayor cantidad posible de estas impurezas antes de llevarla a la PTAR para facilitar su tratamiento final.

- **Desarrollo de la medida.** Para retirar el material sólido de esta descarga y complementar esta medida, se recomienda:
 1. Instalar un filtro o tamiz a la salida del fulón, a fin de retener la mayor cantidad de sólidos.
 2. Hacer una adecuada disposición de estos sólidos retenidos, preferiblemente como materia prima para la producción de abonos.
 3. Evaluar la posibilidad de reutilizar estas aguas filtradas ya sea dentro del mismo lote de producción, o para el lavado de un nuevo lote.

- **Beneficio ambiental.**
 1. Reducción de los parámetros de DBO, DQO y sólidos totales en la descarga final.

- **Beneficios económicos.**
 1. Ahorro en los insumos para el tratamiento final de las aguas residuales.
 2. Ahorro en los costos de mantenimiento de la PTAR, en relación con el retiro de lodos de la misma.
 3. Posibilidad de obtener ingresos extra por la producción y comercialización de abonos.

10.2.2 Reciclaje de las descargas del remojo. A diferencia de las aguas de lavado, estas descargas contienen menos impurezas, lo que las hace reutilizables ya sea dentro o fuera del proceso.

- **Justificación de la medida.** Dado que los volúmenes de agua empleados en esta son considerables, y que la contaminación de sus descargas no son tan altas, resulta viable intentar reciclarlas dentro del proceso, o almacenarla para el lavado de otros lotes de producción, a fin de disminuir los consumos generales de agua dentro de la planta y por consiguiente los costos del tratamiento de las descargas.

- **Desarrollo de la medida.** Para reciclar las descargas de la operación de remojo, se recomienda:
 1. Disponer de un tanque de almacenamiento temporal para las descargas del remojo, previa filtración del material grueso.
 2. Caracterizar estas aguas (pH, salinidad, sólidos), a fin de determinar el mejor destino para las mismas, ya sea dentro o fuera del proceso.
 3. Si se decide recircular estas aguas, dosificar los insumos (humectante, bactericida, fungicida, etc.), a fin de mantener la concentración requerida dentro del proceso.

- **Beneficios ambientales.**
 1. Reducción del consumo de agua dentro del proceso.
 2. Disminución del volumen de agua residual a ser tratada.

- **Beneficios económicos.**
 1. Ahorro en el consumo de agua y de algunos insumos, pues al ser reutilizadas estas aguas, se requiere menor cantidad reactivos para alcanzar las concentraciones requeridas.
 2. Ahorro en el tratamiento de agua residual, debido a la reducción del volumen a tratar.
 3. Ahorro en los costos por utilización del agua y en el pago de tasas retributivas por sus vertimientos.

10.3 PELAMBRE

Esta es la etapa del proceso que más contribuye a la contaminación de la curtiembre; sin embargo, mediante la aplicación de las siguientes medidas, se puede lograr la disminución de sus efectos ambientales.

10.3.1 Control permanente de las variables críticas del proceso. Las variables críticas de este proceso son: temperatura, tiempo, pH y concentración de sulfuro.

- **Justificación de la medida.** El adecuado control de estas variables incide directamente sobre: la calidad del cuero, las demanda de energía eléctrica, reactivos químicos y agua, así como sobre el grado de contaminación de las descargas del proceso.

- **Desarrollo de la medida.** Para alcanzar un óptimo control sobre estas variables de proceso, se requiere:
 1. Asegurar que los baños del pelambre sea preparados en base a formulaciones optimizadas, evitando los excesos innecesarios de reactivos químicos a causa de redondeos o simplificaciones en las preparaciones, pues dado que estas formulaciones vienen dadas en porcentaje en masa con respecto a la masa de pieles en proceso (3 ton aprox.), cualquier pequeño exceso en una formulación implica grandes cantidades de reactivos o grandes volúmenes de agua.
 2. Controlar que la dosificación de los insumos a agregar sean las prescritas en las formulaciones, con las medidas exactas incluyendo la masa de las pieles y los volúmenes de agua. Esto implica disponer de una balanza debidamente calibrada, y de un adecuado sistema para medir los volúmenes de agua requeridos.
 3. Controlar el tiempo del proceso, ya que los requerimientos de energía para hacer girar estos fulones son bastante elevados, y además, porque una

sobre exposición de las pieles al ataque de estos baños, puede ocasionar daños importantes a la flor de la piel, y por ende en la calidad del producto final.

➤ **Beneficios ambientales.**

1. Reducción del consumo de agua dentro del proceso.
2. Disminución del volumen de agua residual a ser tratada.

➤ **Beneficios económicos.**

1. Ahorro en el consumo de agua y de reactivos químicos.
2. Ahorro en el tratamiento de agua residual, debido a la reducción de la carga contaminante de la descarga.
3. Ahorro en el consumo de energía eléctrica.
4. Aumento en la calidad del producto final.

10.3.2 Recirculación de las descargas del pelambre y sus lavados. El aprovechamiento de estas descargas, previo acondicionamiento de las mismas, genera beneficios tanto para la economía de la empresa, como para el medio ambiente.

➤ **Justificación de la medida.** Los baños del pelambre mantienen altos contenidos de sulfuro y cal; con la recirculación de estos se puede lograr un ahorro significativo en insumos químicos y en consumo de agua, lo que a su vez implica tener descargas del proceso menos contaminantes.

➤ **Desarrollo de la medida.** Para poder hacer un aprovechamiento de estas descargas, se debe:

1. Filtrar las aguas de descarga, a fin de retirar al máximo el material grueso; para esto se puede emplear un tamiz de nylon, el cual es resistente a la acción del sulfuro.

2. Disponer de un tanque de sedimentación, a fin de retirar la mayor cantidad de sólidos suspendidos que hayan logrado atravesar por el tamiz de nylon.
3. Disponer de un tanque de almacenamiento, para mantener y acondicionar estas aguas para su posterior uso.
4. Disponer de instrumentos necesarios para medir la concentración remanente de los reactivos químicos, a fin de conocer exactamente las nuevas cantidades a adicionar para lograr la concentración requerida según la formulación de trabajo.

➤ **Beneficios ambientales.**

1. Reducción del consumo de agua dentro del proceso.
2. Reducción de la carga contaminante de las descargas finales del proceso.
3. Reducción en concentración de sulfuros en la descarga final, con lo que se disminuye la posibilidad de formación de H_2S en la PTAR.

➤ **Beneficios económicos.**

1. Ahorro en el consumo de agua y de reactivos químicos.
2. Ahorro en el tratamiento de agua residual, debido a la reducción de la carga contaminante de la descarga.

10.3.3 Oxidación del sulfuro remanente en la descarga. Cuando se decide no reutilizar más las aguas del pelambre, es necesario oxidar todo el sulfuro remanente, a fin de impedir la formación de H_2S en la PTAR.

- **Justificación de la medida.** Los altos contenidos de sulfuro en las descargas del pelambre representan un alto riesgo ambiental y de seguridad industrial, puesto que al bajar de 10 el pH de la solución, se genera la reacción del sulfuro para producir H_2S . Evitar la producción de este gas es benéfico para el medio ambiente y la seguridad industrial de la planta.

➤ **Desarrollo de la medida.** Dependiendo del tipo de oxidante y del pH de la solución, el sulfuro puede ser oxidado a sulfato (SO_4^{2-}), tiosulfato ($\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$) o azufre elemental (S). La existen varios métodos para lograr la oxidación del sulfuro, sin embargo, se propone el método de aeración, por ser el menos costoso y fácil de implementar en una curtiembre. Para poder lograr la oxidación del sulfuro en estas descargas, se requiere:

1. Filtrar las aguas de descarga, a fin de retirar el máximo el material grueso; para esto se puede emplear un tamiz de nylon, el cual es resistente a la acción del sulfuro.
2. Disponer de un tanque de sedimentación, a fin de retirar la mayor cantidad de sólidos suspendidos que hayan logrado atravesar por el tamiz de nylon.
3. Disponer de un tanque de aeración del doble de volumen que el agua a tratar.
4. Realizar pruebas cualitativas para determinar la presencia de sulfuro en el agua que se está tratando, a fin de determinar el momento propicio para realizar la descargarse a la PTAR.

Los sistemas de oxidación por aeración, emplean como agente oxidante el oxígeno del aire; sin embargo, debido a la baja solubilidad del oxígeno, se requiere facilitar la dilución del mismo en agua a tratar. Esto se puede lograr mediante inyección de microburbujas en fondo del tanque de tratamiento, cuyo objetivo es aumentar la superficie de contacto aire-agua. El tiempo de reacción se puede disminuir mediante la aplicación de Sulfato de manganeso (MnSO_4) como catalizador, cuya concentración se debe determinar mediante pruebas de laboratorio.

Para comprobar que todo el sulfuro ha sido oxidado, se puede realizar la siguiente prueba cualitativa: tomar una muestra de la solución oxidada y adicionarle un sulfato de cobre disuelto en agua; si se observa un precipitado oscuro es porque aún hay presencia de sulfuro.

➤ **Beneficios ambientales.**

1. Reducción de la carga contaminante de las descargas finales del proceso.
2. Reducción de la producción de H₂S en la PTAR.

➤ **Beneficios económicos.**

1. Disminución del riesgo de accidente por inhalación de H₂S por parte del personal de la planta, y sus respectivas consecuencias económicas para la empresa.
2. Ahorro en el tratamiento de agua residual, debido a la reducción de la carga contaminante de la descarga.

10.3.4 Control de calidad de la cal. La calidad de la cal tiene incidencia directa sobre localidad del producto final y sobre el contenido de lodos en las descargas.

➤ **Justificación de la medida.** la calidad de la cal determina la cantidad de hidróxido de calcio (Ca(OH)₂) que se dosifica al baño de pelambre, y la cantidad de impurezas que ingresan al proceso. La correcta dosificación de Ca(OH)₂ determina la calidad y rendimiento del cuero; por su parte, la presencia de las principal impurezas de la cal (Carbonato de calcio CaCO₃ y arena), genera daños en la flor de la piel debido al continuo rose abrasivo, y contribuyen al aumento de los lodos de las descargas del proceso.

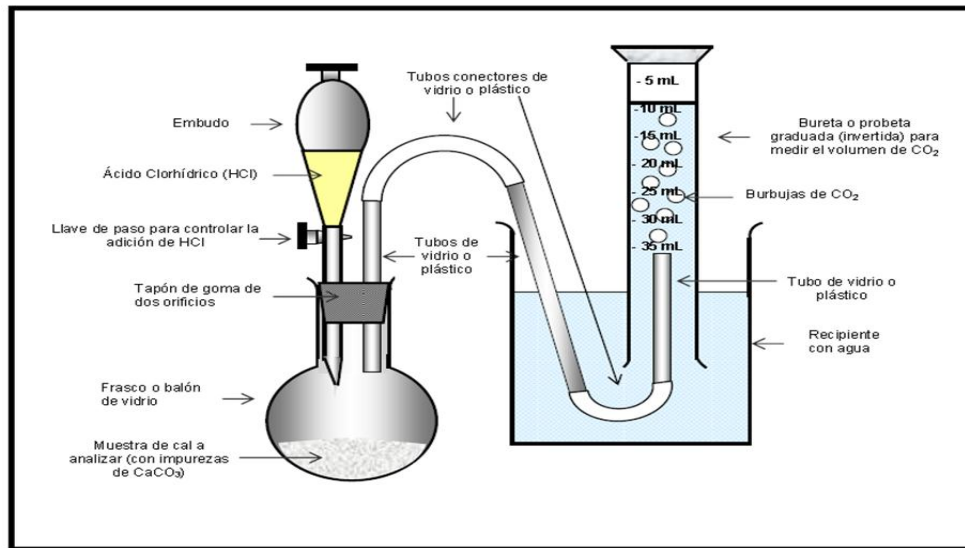
➤ **Desarrollo de la medida.** La calidad de la cal se puede determinar mediante la medición del contenido de CaCO₃ y el contenido de arena, estas mediciones se pueden mediante las siguientes técnicas:

1. Implementar un método de ensayo para determinar el contenido de CaCO₃, el cual consiste en la medición del volumen de dióxido de carbono (CO₂) desprendido al hacer reaccionar la muestra con ácido clorhídrico (HCl),

según la reacción: $(\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O})$. La Figura 14 muestra un esquema para la realización de este ensayo.

2. Implementar un método de ensayo para determinar el contenido de arena en la cal; esto se puede lograr inmediatamente después de la determinación del CaCO_3 , tomando el precipitado producido y lavarlo, filtrarlo y calcinarlo a $105\text{ }^\circ\text{C}$. la diferencia de pesos indica la cantidad de arena en la muestra.
3. La mejor medida para evitar estas determinaciones, es adquirir una cal de buena calidad a un proveedor reconocido, y darle un buen manejo al inventario de cal dentro de la planta, para evitar su contaminación.

Figura 14. Esquema para determinar el contenido de CaCO_3 en la cal



Fuente. Guía Técnica de Producción Más Limpia para Curtiembres

➤ **Beneficios ambientales:**

1. Reducción el volumen de lodos generados en las descargas.

➤ **Beneficios económicos:**

1. Mejoramiento de la calidad del cuero, pues se evita la formación de manchas producidas por el CaCO_3 y las rayas causadas por la arena.
2. El costo real de una cal de excelente calidad suele ser menor que el de una de mala calidad, pues en el segundo caso, aunque el precio es menor, se está comprando impurezas (CaCO_3 y arena).
3. Permite reducir los costos asociados a la disposición final de los lodos generados en las descargas del proceso.

10.4 DESENCALADO

Las descargas de esta operación contienen remanentes de sulfuro y nitrógeno amoniacal, hace que estas descargas no sean reutilizables en el proceso, por lo que se deben tratar en la PTAR, previa oxidación de los sulfuros.

10.4.1 Oxidación del sulfuro remanente en la descarga. Previo a mezcla de estas aguas en el tanque de igualación, es necesario oxidar todo el sulfuro remanente, a fin de impedir la formación de H_2S en la PTAR.

- **Justificación de la medida.** La presencia de sulfuros en estas descargas, implican un riesgo de generación de H_2S y sus respectivas consecuencias para la salud y el medio ambiente, lo que hace necesaria la implementación de medidas para evitar su presencia en la PTAR.
- **Desarrollo de la medida.** La oxidación del sulfuro de estas descargas se puede lograr mediante la aplicación del método de aeración, expuesto en el *Numeral 10.3.3* de este trabajo.
- **Beneficios ambientales.**
1. Reducción de la carga contaminante de las descargas finales del proceso.

2. Reducción de la producción de H₂S en la PTAR.

➤ **Beneficios económicos.**

1. Disminución del riesgo de accidente por inhalación de H₂S por parte del personal de la planta, y sus respectivas consecuencias económicas para la empresa.
2. Ahorro en el tratamiento de agua residual, debido a la reducción de la carga contaminante de la descarga.

10.5 PIQUELADO, PRECURTIDO Y CURTIDO

10.5.1 Recirculación de los Baños del Curtido. Los baños del curtido presentan un bajo agotamiento del tanino, lo que repercute en los altos costos de esta operación y en los del tratamiento de sus descargas.

- **Justificación de la medida.** Normalmente el agotamiento de los taninos empleados en estas operaciones es muy bajo, lo que implica una alta dosificación de los mismos, cercana al 50% sobre el peso de la piel. Dados los altos costos de estos productos curtientes, resulta importante hacer el mayor aprovechamiento de los mismos, lo que a su vez repercute en la disminución de la carga contaminante de las descargas.
- **Desarrollo de la medida.** El método de recirculación recomendado es de contracorriente, en el cual la piel en tripa empieza su recorrido por las aguas de menor concentración de curtientes, para concluir su proceso en el baño de mayor concentración. Para recircular estos baños curtientes, se requiere:
1. Evitar la oxidación de los taninos por la acción del oxígeno del aire, las temperaturas elevadas y la exposición a la luz solar.
 2. Filtrar los baños a fin de remover las impurezas adquiridas a en el proceso.

➤ **Beneficios ambientales.**

1. Disminución del consumo de agua.
2. Disminución de los volúmenes de agua descargados.
3. Reducción de las impurezas en las descargas (tanino y demás sustancias empleadas en esta parte del proceso).

➤ **Beneficios económicos.**

1. Ahorros en los consumos agua, taninos y demás sustancias requeridas para el proceso.
2. Reducción en los costos del tratamiento final de las descargas.

10.6 ENGRASADO

10.6.1 Pretratamiento de las aguas de descarga. Las descargas de este proceso contienen un alto contenido de grasas y aceites que se deben retirar antes del tratamiento final en la PTAR.

➤ **Justificación de la medida.** El tratamiento de estas descargas en la PTAR, resulta complejo, ya que al mezclarse con las otras descargas del proceso puede formar difíciles de separar.

➤ **Desarrollo de la medida.** El tratamiento de estas descargas en el lugar donde se producen resulta fácil de manejar; para ello se requiere:

1. Instalación de una trampa de grasas a la salida de las descargas.
2. Hacer una adecuada disposición de estas grasas, ya sea en la planta de sebos, o en la producción de abonos.

➤ **Beneficios ambientales.**

1. Reducción de la carga contaminante en las descargas del proceso.

➤ **Beneficios económicos.**

1. Ahorro en los costos del tratamiento final de las descargas.
2. Posibilidad de obtener algún beneficio económico mediante el uso de estas grasas.

10.7 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PTAR

La PTAR requiere diferentes mejoras, muchas de las cuales ya se han incluido a lo largo de este capítulo, sin embargo, a continuación se detallan.

10.7.1 Tratamientos preliminares en el punto de generación de las descargas. Comprende la instalación de tamices, tanques de sedimentación y tanque de oxidación de sulfuros. La justificación y el desarrollo de estas medidas, así como los beneficios económicos y ambientales fueron expuestos en las diferentes etapas del proceso.

10.7.2 Segregación de aguas. Consiste en la separación de las descargas de alta y de baja contaminación dentro de una misma operación con el fin de hacer un aprovechamiento de las aguas menos contaminadas. Estas medidas fueron expuestas en las operaciones de lavado, pelambre y curtido.

10.7.3 Dosificación de coagulantes. Se requiere comprar y utilizar un de equipo prueba de jarras y la una capacitación al personal encargado de operar la PTAR. En relación con el diseño de la PTAR, se requiere hacer algunas adecuaciones, en lo referente al punto de dosificación de los coagulantes y a la etapa de mezcla rápida. Se instalar una bomba dosificadora de coagulantes y hacer el acople de un tramo de mezclador estático.

11. CONCLUSIONES

1. La industria del curtido y preparado de cueros (CIIU 191000). Genera importantes impactos ambientales, especialmente sobre el recurso hídrico por las grandes demandas de agua (mas de 50 m³ por lote de producción), y por las altas cargas contaminantes de sus efluentes (lodos, sales, cal, sulfuros, nitrógeno amoniacal, taninos, grasas, etc.). Sobre el aire por la emisiones de H₂S, y material particulado; y sobre el suelo por la lixiviación producida en el manejo se los lodos.
2. La PTAR de la empresa Curtiembres de Valle Ltda. requiere mejoramiento en relación con la dosificación de coagulantes y la mezcla rápida de los mismos, así como una capacitación al encargado de operarla. Los lodos generados en la PTAR son empleados para la producción de abono, este proceso adolece de un adecuado manejo de lixiviados, lo que ocasiona impacto sobre el recurso suelo.
3. Se consideran puntos críticos del proceso desde punto de vista ambiental, las etapas: lavado, pelambre, desencalado, curtido y engrasado, puesto que cada una de estas etapas impactan al recurso hídrico por sus grandes demandas de agua y por el grado de contaminación de sus descargas, y al recurso suelo, por la producción de lodos.
4. Mediante la aplicación de Principios de la Producción Más Limpia (PML) en cada una de las etapas del proceso, así como la optimización del tratamiento final de los efluentes, se puede alcanzar una disminución considerable en los impactos causados al medio ambiente, lograr mayor calidad del producto final y ahorros en los costos de producción.

12.RECOMENDACIONES

- 1.** Diseñar, construir y equipar un laboratorio de soporte para el proceso, en el que se pueda ensayar nuevas formulaciones y optimizar las actuales.
- 2.** Instalar micro medidores de agua en cada etapa del proceso y llevar un registro real de los consumos, a fin de determinar la presencia de fugas o desperdicios y tomar las medidas de control pertinentes.
- 3.** Implementar un pretratamiento al agua de alimentación del proceso, para garantizar la calidad de la misma, lo cual se traduciría en menores consumos tanto de agua, como de insumos químicos.
- 4.** Capacitar al personal de la planta en relación con la protección del medio ambiente y la seguridad industrial.

13. BIBLIOGRAFÍA

ALZATE, Adriana. Proyecto de Gestión Ambiental en la Industria Curtiembre en Colombia, Diagnóstico y Estrategias. Colombia 2004.

BULJAN, J. REICH, G. LUDVICK, J. Mass Balance in the Leather Processing. UNIDO 1997.

Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente de Bogotá - DAMA. Guía ambiental para el sector curtiembres.

FENDRUP, W. Practical Possibilities for Cleaner Production in Leather Processing, 1999.

GALEANO, Hidelbrando y BERMÚDEZ, Rosa. Impacto de los Residuos Industriales. Colombia: Censat, 1997.

Guía de Producción mas Limpia para Curtiembres. Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles CPTS. 2003. La paz. Bolivia.

HENRY, Linda. Manual de Evaluación y Manejo de Sustancias Tóxicas en Aguas Superficiales: Orientación para el Muestreo y Análisis de Datos. 1997. CEPIS-OPS-OMS.

HERNÁNDEZ, R. FERNÁNDEZ C. y BAPTISTA P. (2003). Metodología de la Investigación. México, D.F., México: McGraw-Hill Interamericana

IDEAM. Informe anual sobre el estado del medio ambiente y los recursos naturales renovables en Colombia. Imprenta Nacional de Colombia, Bogotá. 2004.

LATORRE, Emilio. Empresa y Medio Ambiente en Colombia. Bogotá: FESCOL, 1996.

Manual Ambiental del Sector de Curtiembre. Centro Nacional de Producción Más Limpia y Tecnologías Ambientales CNPMLTA. Febrero 2004.

MINISTERIO DE AGRICULTURA. Decreto 1594 de 1984. Colombia.

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL, MAVDT. Decreto 3930 de 2010. Colombia

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL, MAVDT. Guía ambiental para la Industria del Curtido y Preparado de Cueros. Colombia, 2006.

MINISTERIO DE COMERCIO EXTERIOR, MINCOMEX. Perfil de la Cadena del cuero y sus Manufacturas y Calzado. Colombia, 2006.

NAVAS, Hector. PEZET, Félix y HERNÁNDEZ Ignacio. El Sistema Internacional de Unidades (SI). Publicación Técnica CNM-MMM-PT-003. México 2001.

PABÓN, Benjamín. Caracterización aguas residuales industriales de curtiembres del Valle Ltda. 2009.

PEÑA, José. Gestión Ambiental del agua en las Empresas de Curtiembre. Universidad del Táchira. Venezuela. 17 pg.

PEÑARALDA, Natalia, Manual de Residuos Especiales. España, 1988. Disponible en: http://www.ub.es/ossma/medioambient/manual_residus_especials_es.pdf

PUENTES, Jairo. Contaminación Hídrica. Memorias del Proyecto de Capacitación para Profesionales del Sector Ambiental. Bucaramanga: 1997.

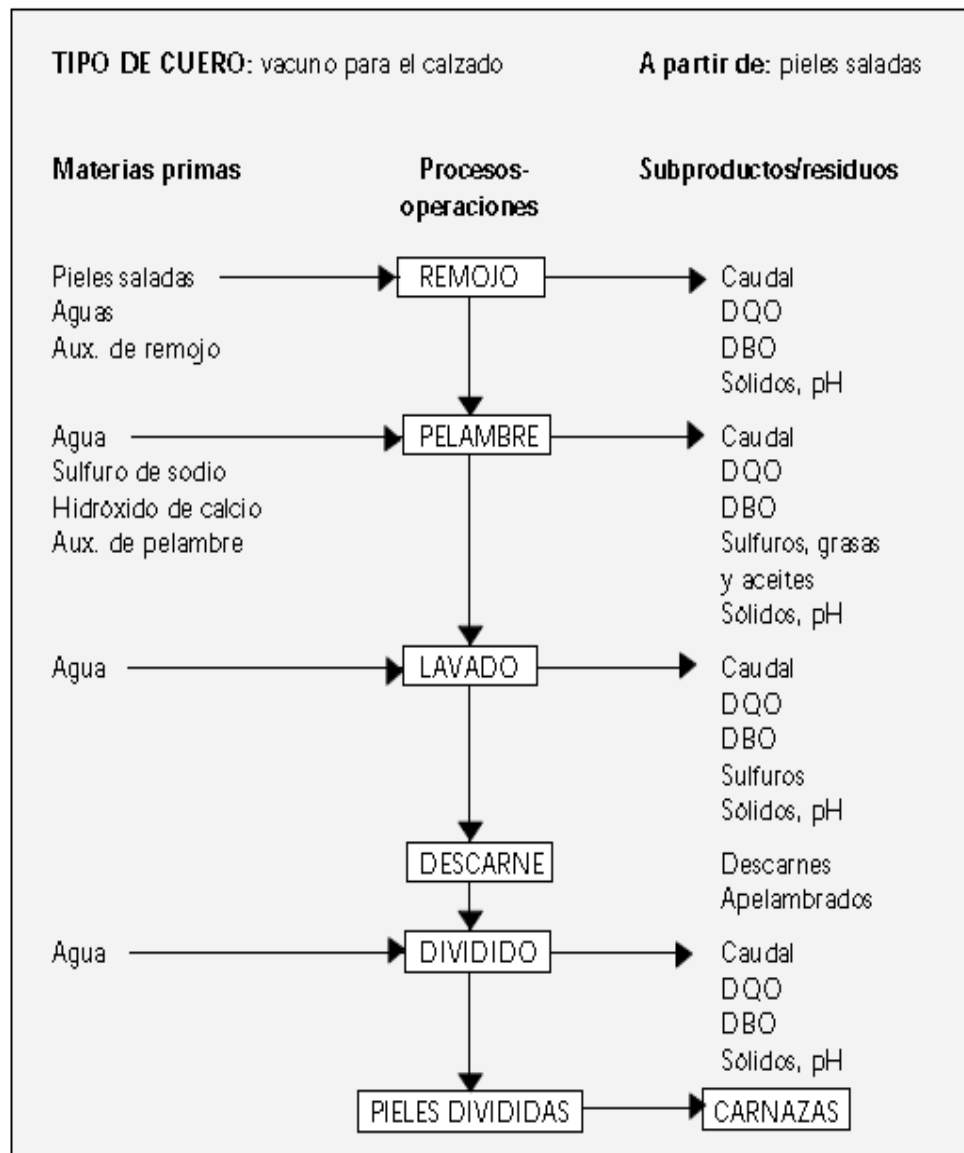
ROMERO, J. Tratamiento de Aguas Residuales. Bogotá, Escuela Colombiana de Ingeniería, 1999

SALAZAR, Juan. Tecnologías Limpias y Tratamiento de Aguas en el Sector Curtiembres. ACOLCUR, COLOMBIA.

WEBER, Walter J. Control de la Calidad del Agua: Procesos Físicoquímicos. España. Editorial Reverté, S.A. 2003.

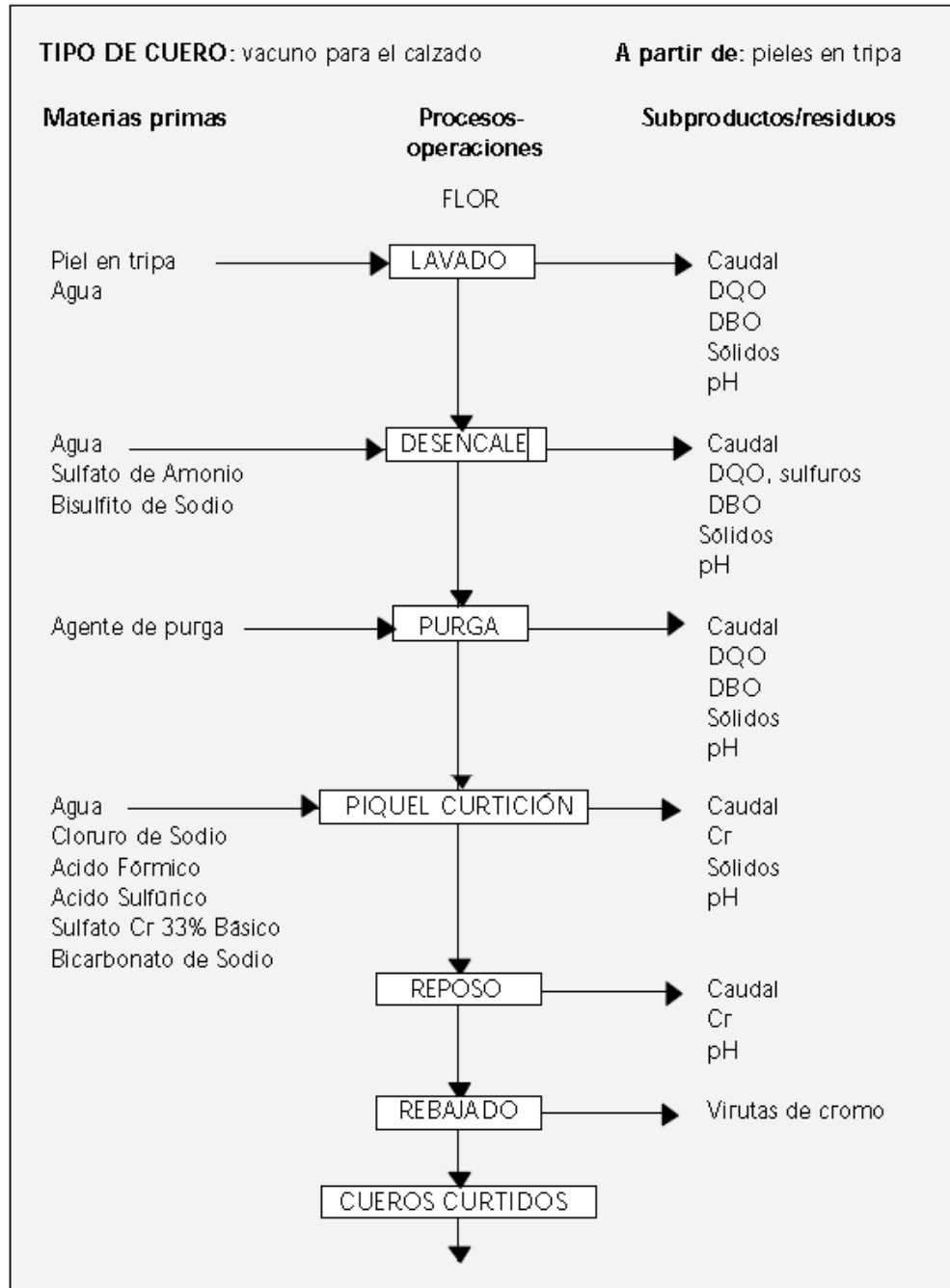
ANEXOS

Anexo A.1 Diagrama de flujo de la etapa de ribera



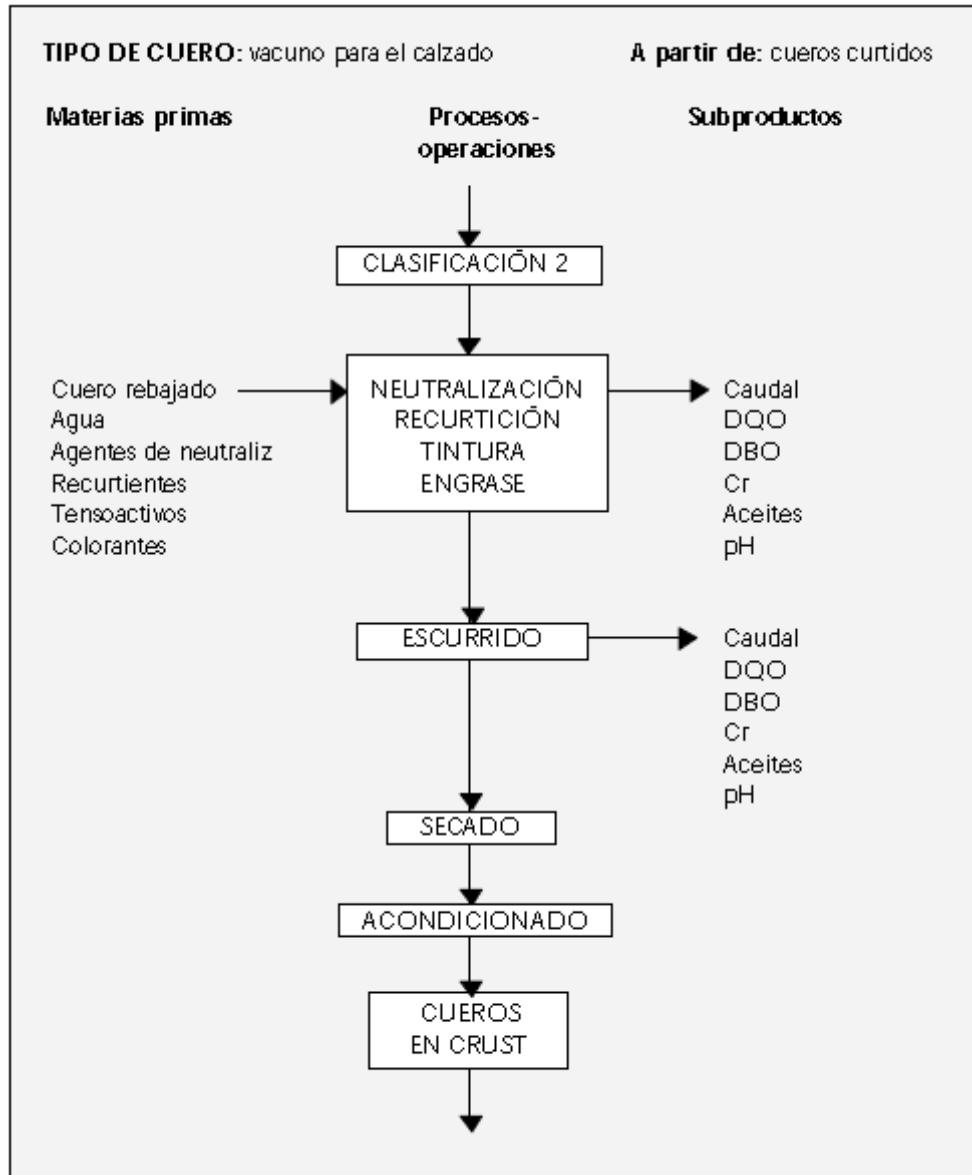
Fuente. Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente de Bogotá - DAMA. Guía ambiental para el sector curtiembres.

Anexo A.2 Diagrama de flujo de la etapa de curtido



Fuente. Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente de Bogotá - DAMA. Guía ambiental para el sector curtiembres.

Anexo A.3 Diagrama de flujo de la etapa de acabado



Fuente. Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente de Bogotá - DAMA. Guía ambiental para el sector curtiembres.

**Anexo B. Sistema de tratamiento de aguas residuales en la empresa:
Curtiembres del Valle Ltda.**



Fuente. El Autor.