

USOS Y APLICACIONES DE LOS SUBPRODUCTOS DE LA INDUSTRIA DEL  
CUERO

ELIANA MILENA ACEVEDO

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESPECIALIZACIÓN EN PROCESOS DE ALIMENTOS Y BIOMATERIALES  
2020

USOS Y APLICACIONES DE LOS SUBPRODUCTOS DE LA INDUSTRIA DEL  
CUERO

ELIANA MILENA ACEVEDO

Asesor de tesis

Mg. Vicente Ortiz Gómez.

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESPECIALIZACIÓN EN PROCESOS DE ALIMENTOS Y BIOMATERIALES  
2020

Nota de aceptación:

---

---

---

---

---

Firma del presidente del jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

San Andrés Isla, 16 de septiembre de 2020

## CONTENIDO

	<b>Pág</b>
GLOSARIO	8
RESUMEN	14
ABSTRACT	15
INTRODUCCIÓN	16
1. LÍQUIDOS Y SÓLIDOS DEL PROCESO DE LA CURTIEMBRE	20
1.1 RESIDUOS SOLIDOS	20
1.1.2 Unche	20
1.1.3 Pelo del pelambre	20
1.1.4 Recortes de piel cruda	21
1.1.5 Sebo	21
1.1.6 Carnaza	21
1.2 RESIDUOS LÍQUIDOS	23
1.2.1 Cromo	24
2. METODOLOGÍAS PARA EL APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS Y LÍQUIDOS	26
2.1 EXPERIENCIAS NACIONALES E INTERNACIONALES	26
2.1.1 Experiencias Internacionales	26
2.1.2 Experiencias Nacionales	29
2.2 METODOLOGÍAS DE REUTILIZACIÓN DEL UNCHE	32
2.3 METODOLOGÍAS DE REUTILIZACIÓN DE PELO DE PELAMBRE	33

2.3.1	Extracción de Queratina	33
2.3.2	Obtención de Fertilizantes Orgánicos por Medio de Compostaje	34
2.4	METODOLOGÍAS REUTILIZACIÓN DE RECORTE DE PIEL CRUDA	36
2.4.1	Tripa Artificial	36
2.5	METODOLOGÍAS DE REUTILIZACIÓN DE SEBO	37
2.4.1	Biodiesel	37
2.6	METODOLOGÍAS DE REUTILIZACIÓN DE CARNAZA	38
2.6.1	Gelatina	38
2.6.2	Juguetes Caninos	40
2.7	TRATAMIENTO DE AGUAS	41
3.	PROPUESTA PARA EL DEPARTAMENTO DE NARIÑO	42
3.1	LAS ALTERNATIVAS	42
	CONCLUSIONES	47
	BIBLIOGRAFÍA	49

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Reutilización de efluente.....	26
Figura 2. Recuperación de sulfuros de efluentes de pelambre.....	27
Figura 3. Recuperación de cromo de efluentes de curtido.....	28

## LISTA DE TABLAS

Pag

Tabla 1. Matriz de decisión de multicriterio.....	45
---	----

## GLOSARIO

**ETAPA DE RIBERA** caracterizada por emplear en ella grandes cantidades de agua, su objetivo es limpiar y preparar la piel con el fin de dejarla dispuesta para absorber los materiales curtientes. Las operaciones de este proceso son las siguientes:

- **EL CALERO:** Adzet dice que es “poner en contacto los productos alcalinos  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  (el de mayor concentración),  $\text{Na}_2\text{S}$ ,  $\text{NaHS}$ , aminas, además de sales, tensoactivos, peróxidos, disueltos en agua con la piel en aparatos agitadores como (fulones, -bombos- batanes -molinetes, mezcladores) durante un tiempo de 3 a 5 horas, hasta conseguir la acción de los productos del calero sobre toda la sección de piel”<sup>1</sup>
- **DESENCALADO:** Adzet dice “sirve para eliminar la cal (absorbida en los capilares) contenida en el baño de pelambre y para el deshinchamiento de las pieles. Parte de la cal que se ha agregado durante la operación de pelambre es eliminada por el lavado con agua y luego por medio de ácidos débiles o por medio de sales amoniacaes (sulfato de amonio o cloruro de amonio) o de sales ácidas (bisulfito de sodio). Se generan sales ácidas solubles de fácil eliminación con agua, pero no deben producir efectos de hinchamiento sobre el colágeno”<sup>2</sup>
- **DESCARNADO:** Adzet dice “Luego del curado, es necesario retirar los restos que quedan de la endodermis”<sup>3</sup>.
- **LAVADO:** Barreto dice “permite eliminar la saladura e hidratar la piel, en el caso de la piel salada, la humedad se deberá mantener a 65%, se ablanda la piel y además se elimina la presencia de los agentes conservantes y las impurezas, también se conoce con el nombre de reverdecimiento. El tiempo

---

<sup>1</sup> ADZET, J. Química técnica de tenería. Barcelona, En: Editorial Romanya. (1985).

<sup>2</sup> Ibid. p. 7

<sup>3</sup> Ibid. p. 7



de duración del proceso para las pieles saladas es de 20 a 24 horas y para las refrigeradas de 2 a 3 horas”<sup>4</sup>

- **PELAMBRE:** Adzet afirma “luego de la operación de remojo, las pieles suficientemente limpias e hidratadas y con algunas proteínas eliminadas de su estructura, pasan a las operaciones de pelado, donde se pretende eliminar del corium la epidermis junto con el pelo, también aflojar las fibras de colágeno con el fin de prepararlas apropiadamente para los procesos de curtido. La concentración de los productos químicos utilizados, el tiempo y el tipo de proceso serán determinantes en el curtido, así como la blandura y resistencia físico-mecánica de los artículos finales (capellada, tapicería, marroquinería, vestimenta)”<sup>5</sup>

**PURGA ENZIMÁTICA:** Adzet dice “es un proceso enzimático que permite un aflojamiento y ligera peptización de la estructura del colágeno, al mismo tiempo que limpia la piel de restos de proteínas, pelo y grasa que hayan quedado de los procesos anteriormente desarrollados. Se usan enzimas proteasas absorbidas sobre aserrín de madera y agentes descalcantes (cloruro de amonio). Esta etapa se puede realizar en los mismos recipientes de encalado o en uno distinto”<sup>6</sup>

**RECORTE EN RECEPCIÓN:** Barreto, dice que “El proceso que se realiza cuando la piel animal llega a la curtiembre, en donde se procede al recorte de partes correspondientes al cuello, la cola y las extremidades”<sup>7</sup>

**REMOJO:** Adzet dice “devolver a la piel su estado de hinchamiento natural y eliminar la suciedad como barro, sangre, estiércol, microorganismos, así como sustancias proteicas solubles y agentes de conservación. Este se debe realizar en el menor tiempo posible puesto que en él se interrumpe el proceso de conservación y por consiguiente se favorece al ataque bacteriano ya que las bacterias precisan de agua para su reproducción”<sup>8</sup>

**ETAPA DE PIQUELADO:** Adzet dice “Este proceso se realiza hasta un pH de 3.8. Las pieles en tripa antes de la curtición al cromo, al aluminio o cualquier otro

---

<sup>4</sup> BARRETO, Silvia. Diseño de calzado urbano. En libro catedra: Nobuko. (2006). 266 p.

<sup>5</sup> ADZET. Op. Cit., p. 7

<sup>6</sup> Ibid. p. 8

<sup>7</sup> BARRETO. Op. Cit., p. 8

<sup>8</sup> ADZET. Op. Cit., p. 7

elemento curtiente, permitiendo bajar los niveles de los diversos agentes curtientes. En realidad, se hace un tratamiento con sal y ácido para regular la piel en tripa hasta un pH < 3,8 con el fin de evitar que, en la siguiente etapa del curtido, las sales de curtientes eleven su basicidad por tener residual de alcalinidad de los procesos de purga (o rendido) y de desescalado. Si esta alcalinidad no se llegase a eliminar, la curtición sería en superficie, lo que conduciría a modificaciones de la flor (quebradiza y tacto áspero) del cuero”<sup>9</sup>.

**ETAPA DE CURTIDO:** fase de acabados finales, abarca las operaciones que buscan proveer a los cueros curtidos, características óptimas para su empleo inmediato en la confección de diferentes artículos. Ellas son las siguientes:

- **ABLANDADO:** Adzet afirma “el ablandamiento es una operación que consiste en romper mecánicamente la adhesión entre las fibras confiriéndole al cuero flexibilidad y blandura, esto es hacer que las fibras que sufrieron retracción vuelvan a sus posiciones originales, a través de un fraccionamiento mecánico, promoviendo una acción lubricante de los aceites de engrase instalados en la estructura fibrosa”<sup>10</sup>
  
- **ACONDICIONADO:** Adzet dice “el cuero es rehumedecido uniformemente en las superficies y regiones del cuero con un determinado grado de humedad, siendo una operación de gran importancia porque influye en la ejecución eficiente de las operaciones siguientes. Dicha humedad se consigue, o bien interrumpiendo el secado en el momento oportuno, de una forma más fiable, realizando un acondicionado”<sup>11</sup>

**CURTIDO:** Adzet afirma “es la transformación de cualquier piel en cuero. Se da por una estabilización de la proteína. Las pieles procesadas en la ribera son susceptibles de ser atacadas por las enzimas segregadas por los microorganismos. El curtido mineral o al cromo propiamente dicho se realiza incorporando sales básicas de cromo en un pH de 7. Las sales que actúan como curtiente se desdoblán por hidrólisis, dando origen a productos coloidales que penetran en la piel y se combinan con ella. En los curtidos minerales se emplean diferentes tipos de sales de cromo trivalente (Cr<sup>+3</sup>) en varias proporciones. Al final de esta etapa se obtiene el conocido Wet Blue, un producto cuyo nombre se debe al color azul verde del sulfato de cromo, que luego es clasificado según su

---

<sup>9</sup> Ibid. p. 7

<sup>10</sup> Ibid. p. 7

<sup>11</sup> Ibid. p. 7

grosor y calidad para su proceso de acabado. En los cultivos vegetales para la producción de suelas se emplean estratos comerciales de taninos. Otros agentes curtientes son los sintanos. Los cueros sin cromo, por su color, se llaman Web White”<sup>12</sup>

**DIVIDIDO:** Adzet afirma “es una operación absolutamente mecánica. Puede realizarse la división después del pelambre (división en Cruda) o después de curtir (en cromo o en azul). Se realiza con tripa descarnada, es menos frecuente en pieles piqueladas que en pieles en bruto o pieles secas. La piel debe tener pelo corto porque se anuda y hace fallas, además, permite un ahorro considerable de productos ya que se pela sólo la flor (que es la que tiene pelo), y se aprovechan los subproductos (como colágeno puro). Estos cueros deben ser previamente trinchados antes de ser divididos en las partes deseadas”<sup>13</sup>

**ENGRASE:** Adzet afirma “el engrase es el último proceso en fase acuosa en la fabricación del cuero y precede al secado; junto a los trabajos de ribera y de curtición es el proceso que sigue en importancia, influye sobre las propiedades mecánicas y físicas del cuero”<sup>14</sup>

**ESCURRIDO:** Adzet afirma “al terminar la curtición al cromo es conveniente colocar el cuero sobre caballete para evitar la formación de manchas de cromo y dejarlo en reposo durante 24 - 48 horas para obtener una coordinación de la sal de cromo. Durante este reposo continúa la interacción de la sal de cromo con el colágeno y se libera ácido sulfúrico que queda retenido por la piel curtida. Se debe tener muy presente de no dejar secar los bordes de la piel, ya que se cristaliza el sulfato sódico y se modifica el punto isoeléctrico de la parte seca por una mayor coordinación de las sales neutras dentro del complejo de cromo, lo cual genera manchas en las etapas posteriores que son re-curtido y teñido. Se deja reposar el cuero, se escurre para facilitar la operación posterior”<sup>15</sup>

**NEUTRALIZADO:** Adzet afirma “en este momento del proceso, se tiene un cuero curtido al cromo, rebajado y escurrido que aún está húmedo, el cual pasa a la Etapa de recurtición con curtientes orgánicos naturales o sintético, siendo

---

<sup>12</sup> Ibid. p. 7

<sup>13</sup> Ibid. p. 7

<sup>14</sup> Ibid. p. 7

<sup>15</sup> Ibid. p. 7

necesario un neutralizado al cuero curtido al cromo para posibilitar a los re-curtientes y colorantes una penetración regular en el cuero y así evitar sobrecargar la flor. para que no se presenten consecuencias negativas (poro basto, tensión en la flor). De igual forma, esta etapa debe compensar las diferencias de pH entre las diferentes pieles, lo que ocurre cuando se re-curten conjuntamente pieles procedentes de diferentes curtaciones y muy especialmente cuando se transforma wet-blue de diferentes procedencias”<sup>16</sup>

**NUBUCK:** Cuero de vaca, particular por su textura aterciopelada.

**REBAJADO:** Adzet afirma “acá se ajusta el espesor del cuero a lo deseado. Su objetivo es conseguir cueros de espesura uniforme, tanto en un cuero específico como en lote de cueros. Anteriormente se rebaja a cuchillo, actualmente se realiza con máquinas de rebajar, donde el uso final es quien lo determina”<sup>17</sup>

**RECURTIDO:** acá tenemos ya el cuero que se quiere obtener al final del proceso, si presenta defectos es un buen momento para intentar corregirlos (flor suelta, cueros armados desparejos). El re-curtido es una de las operaciones más importantes ya que influye directamente en el engrase, teñido y acabado y sobre las características finales del cuero. Se puede hacer con minerales, extractos vegetales, sintéticos y resinas.

**SECADO:** Adzet dice “al llegar a este punto, el cuero se ha impregnado en agua (vehículo de todas las operaciones anteriores), por lo que pesa el triple de lo que pesa estando seco y el secado consiste en evaporar gran parte del agua que contiene hasta reducir su contenido al 14% aproximadamente”<sup>18</sup>

**TEÑIDO:** Adzet dice “sirve para dar color al cuero, se realiza en el Fulon con agentes químicos como las anilinas y amoníaco como agente penetrante, los cuales al aplicar temperatura (entre 50 y 60°C), se logran en forma simultánea el engrase y la tintura del cuero. Los tintes de complejos metálicos contienen iones de cromo, a cobre o cobalto”<sup>19</sup>

---

<sup>16</sup> Ibid. p. 7

<sup>17</sup> Ibid. p. 7

<sup>18</sup> Ibid. p. 7

<sup>19</sup> Ibid. p. 7

**CLASIFICACIÓN:** Adzet afirma “previa a las tareas de acabado, es necesario realizar una clasificación de los cueros, de acuerdo con la calidad, tamaño, espesor, los daños de flor, ya sean los propios del cuero o por procesos mecánicos (mordeduras de máquinas), la firmeza, la uniformidad de tintura, la absorción de la flor. Se clasifica para destinar a los diferentes artículos: plena flor, nubuck, etc. y por lo tanto se determina a qué sección del acabado se enviará”<sup>20</sup>

**DESEMPOLVAR:** Adzet dice “consiste en retirar el polvo de la lija de las superficies del cuero, a través de un sistema de cepillos o de aire comprimido. En el cuero no desempolvado, el polvo está fijado al cuero por una carga de estática, el polvo de la lija empastada se acumula sobre el cuero, dificultando las operaciones de acabado, por lo que no se puede adherir la tintura al sustrato”<sup>21</sup>

**ESMERILADO:** Adzet afirma “consiste en someter a la superficie del cuero a una acción mecánica de un cilindro revestido de papel de esmerilar formado por granos de materias abrasivas tales como el carborundo o el óxido de aluminio”<sup>22</sup>

**RECORTE:** Adzet dice “el recorte de los cueros tiene como objetivo retirar pequeñas partes totalmente inaprovechables eliminando marcas de secaderos de pinzas, zonas de borde endurecidas, puntas o flecos sobresalientes y para rectificar las partes desgarradas, buscando un mejor aprovechamiento de los procesos mecánicos y un mejor aspecto final. El recorte mejora la presentación de los cueros”<sup>23</sup>

**SECADO:** Adzet afirma “finalizada la operación de ablandado es conveniente secar los cueros manteniéndolos planos hasta alcanzar un contenido final de humedad entre 10 y 12%”<sup>24</sup>

---

<sup>20</sup> Ibid. p. 7

<sup>21</sup> Ibid. p. 7

<sup>22</sup> Ibid. p. 7

<sup>23</sup> Ibid. p. 7

<sup>24</sup> Ibid. p. 7

## **RESUMEN**

Las curtiembres representan una parte importante del sector económico de la producción de cueros. En particular, los cueros artesanales que se producen en el departamento de Nariño son de renombre, por las cualidades que resultan del trato manual que se le ofrece al material. A la vez, este aspecto manual o artesanal, tiene un gran impacto desde el punto de vista ambiental, porque las tecnologías tradicionales son altamente contaminantes.

Si se observa el desarrollo del sector desde el año 2003, se puede notar que tuvo un crecimiento entre el año 2003 y 2015, pero luego entró en un declive que lo ha llevado a posicionarse en puntos negativos. En la actualidad, con el evento mundial de la pandemia, muchas personas están pensando en cerrar sus negocios, pues no han podido exportar sus mercancías como lo hacían antes.

Por esta razón, el objetivo de esta monografía es realizar una revisión bibliográfica que permita entender el proceso de la extracción de los residuos sólidos que están siendo subutilizados, luego identificar experiencias similares de tratamiento de estos residuos, para finalmente, detallar metodologías específicas de transformación de los mismos, como las que se exponen en el capítulo dos.

Dentro del alcance de la investigación, el máximo apoyo que se puede brindar a los productores, es reseñar las distintas alternativas que tienen para la transformación de los residuos, para luego exponer cómo, a través de una metodología de selección denominada, matriz de selección multicriterio, se pudieron escoger tres opciones realmente viables acorde al contexto de los productores artesanales del Departamento de Nariño.

**Palabras Claves:** Curtiembres, Residuos Sólidos, Residuos Líquidos

## **ABSTRACT**

Tanneries represent an important part of the economic sector of leather production. In particular, the artisan leathers produced in the department of Nariño are renowned for the qualities that result from the manual treatment offered to the material. At the same time, this manual or artisan aspect has a great impact from an environmental point of view, because traditional technologies are highly polluting.

If you look at the development of the sector since 2003, it can be seen that it had growth between 2003 and 2015, but then it went into a decline that has led it to position itself in negative points. At present, with the global event of the pandemic, many people are thinking of closing their businesses, because they have not been able to export their goods as they did before.

For this reason, this reason, the objective of this monograph is to carry out a bibliographic review that allows understanding the process of the extraction of solid waste that is being underused, then to identify similar experiences of treatment of these waste, to finally detail specific methodologies. transformation of these residues, such as those described in chapter two.

Within the scope of the research, the maximum support that can be provided to producers is to review the different alternatives they have for the transformation of waste, and then show how, through a selection methodology called, multi-criteria selection matrix, at least three really viable options could be chosen according to the context of the artisan producers of the department of Nariño.

**Keywords:** Tanneries, Solid Waste and Liquid Waste

## INTRODUCCIÓN

La industria del cuero es una actividad muy importante para la economía colombiana. Según VELÁSQUEZ, Sandra; GIRALDO Diego y CARDONA Natalia: “se expresó en el plan nacional de desarrollo, entre los años (2003-2015), este sector llegó a tener un incremento significativo, que lo posicionó como el principal sector productivo en varias regiones del país, incluido el departamento de Nariño”<sup>25</sup>

En los siguientes años, el panorama se transformó, ya que durante los años 2015 a 2018, se presentó un crecimiento negativo en la industria de la marroquinería y el calzado. Según el artículo del espectador dice: “Gustavo Flórez, director de la Asociación Colombiana del Calzado y la Manufactura, la producción en términos generales creció en un porcentaje negativo de -0.7%. En el caso de las ventas al comercio, estas descendieron a -0.4%, a la vez que el empleo descendió a -0.8%”<sup>26</sup>

Desde la perspectiva de la producción de residuos sólidos y líquidos, esta industria es una de las principales generadoras. En el caso colombiano, para el año 2015, Forero; Méndez y Sierra afirman que “se generaron un total de 3.325 toneladas de cuero anual, de las cuales 700 toneladas eran residuos sólidos”.<sup>27</sup>

En el caso del departamento de Nariño se identificó, que autores como López han puesto las alarmas “sobre los altos niveles de contaminación que existen en las curtiembres del departamento de Nariño, los cuales son la evidencia de la baja tecnificación de la producción artesanal, la deficiente infraestructura, y la carencia de procesos para tratar los residuos sólidos y líquidos, los cuales son finalmente arrojados al río”<sup>28</sup>. En el departamento existen 64 curtiembres que equivalen al

---

<sup>25</sup> VELÁSQUEZ, Sandra; GIRALDO, Diego y CARDONA, Natalia. Reciclaje de residuos de cuero: una revisión de estudios experimentales [en línea]. En: Revisa Sena. 2015, vol. 79, nro. 2, p. 188-198.

<sup>26</sup> OJEDA Diego. La industria del cuero en Colombia no pasa por su mejor momento digital [en línea]. En: El espectador. Bogotá, enero 30 de 2018.

<sup>27</sup> FORERO, Carlos; MÉNDEZ, Jennifer y SIERRA, Fabio. Mejoramiento energético de residuos sólidos de cuero curtido mediante tratamiento térmico. En: Ingeniería y desarrollo [en línea]. Bogotá. Universidad del Norte. (enero-junio. 2015); vol. 33, nro. 1, p. 1-17.

<sup>28</sup> LÓPEZ, Estefanía. Reducción de cromo en estado de oxidación (6+) y generación de energía eléctrica en una celda de combustible (ccm) de biocátodo [en línea]. Trabajo de grado para optar



9.64% de la producción total del país, generando en su proceso de producción un total de 142 toneladas de residuos sólidos cada mes.

Este problema tiene dos aristas, por una parte, la regulación del Estado en relación con la disposición de desechos líquidos y sólidos de nivel industrial es muy débil, y por otra, la poca conciencia ambiental de los empresarios. Entre ambos aspectos, generan las condiciones necesarias para la disposición inadecuada de estos materiales de gran valor.

Autores como Santacruz, evidencian la falta de “regulación nacional sobre la disposición de desechos industriales, especialmente sobre las vertientes hídricas. Los autores aseguran que con la promulgación de la ley 99 a través de la cual se creó el Ministerio del Medio Ambiente, ahora Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, las Corporaciones Autónomas Regionales y otras autoridades ambientales, pueden administrar supervisar, controlar y vigilar el uso y la distribución de los recursos naturales, controlar la contaminación hídrica, establecer el uso de las fuentes de agua y vigilar la calidad del agua en las áreas de su jurisdicción, lo cual ha resultado en una anarquía sobre los derechos del agua”<sup>29</sup>

Una de las alternativas más rentables para darle un nuevo uso a los residuos de la producción de la curtiembre, es la reutilización de estos a través del desarrollo de subproductos. Por esta razón, y con el fin de aportar a la visualización de alternativas de solución al problema ambiental, social y económico que representa la inadecuada disposición de los residuos de dicha producción, el objetivo de la presente investigación es, realizar una revisión bibliográfica acerca de la información que se tiene sobre las características de los subproductos de la industria del cuero y las metodologías para el uso de los mismos.

De esta forma, poder responder a la pregunta principal de esta investigación:

¿Cuál de las metodologías propuestas en la revisión bibliográfica acerca de la reutilización de los residuos sólidos de la Industria de Cuero puede ser aplicada en el departamento de Nariño?

---

el Título de Químico. San Juan de Pasto, Nariño. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, 2014. 71 p.

<sup>29</sup> SANTACRUZ, David. Alternativas a objetos comunes de la marroquinería en Nariño [en línea]. Trabajo de Grado Diseñador Gráfico. San Juan de Pasto: Universidad de Nariño. Facultad de Artes. Diseño Industrial. 2013. 129 p.

De esta forma, será posible ofrecer a los productores artesanales, un conjunto de alternativas, valoradas acorde a las condiciones que se observan desde la perspectiva del investigador, para que luego puedan ser evaluadas por los mismos productores, quienes serán los encargados de tomar una, algunas o ninguna de las alternativas posibles.

Por otra parte, con este trabajo se espera contribuir de modo positivo al acervo académico que existe sobre el tema, pues como reconocen Velásquez, Giraldo y Vásquez:

Son pocos los estudios relacionados con procesos y tecnologías que valoricen los residuos sólidos para convertirlos en nuevos productos como, por ejemplo, materiales, productos químicos y energía, los cuales según algunos investigadores deben ser el foco de futuros proyectos de investigación<sup>30</sup>

En la actualidad a nivel nacional, dadas las limitaciones causadas a la economía por el COVID—19, el sector de la producción de cueros ha caído aún más, pues si bien se encontraba en un crecimiento negativo para el 2018, esta situación no mejoró con el incremento del IVA, hecho que desestimuló el consumo. Para comienzos del 2020, antes del colapso económico, según el periódico el Colombiano dice “se estimaba que el sector se recuperaría de la caída en ventas del 15%, la cual se totalizó en USD \$76.745 por debajo de los USD \$90.320 del 2018, el cual había parecido un mal año hasta el momento. En definitiva, el sector no pudo abrir las alas”<sup>31</sup>

En este contexto, es necesario empezar a identificar alternativas que les permitan a las curtiembres artesanales, obtener ingresos adicionales provenientes de sus residuos sólidos y líquidos, es decir, según la Corporación para el desarrollo productivo del cuero, es posible ayudar a “...generar ingresos económicos a la curtiembre, por la comercialización de los residuos aprovechables”<sup>32</sup>

La exposición de los resultados de esta investigación tiene cuatro etapas: la primera ya expuesta, es acerca de la diferenciación y caracterización de los tipos

---

<sup>30</sup> VELÁSQUEZ, Sandra; GIRALDO, Diego y CARDONA, Natalia, Op. Cit., p. 15

<sup>31</sup> Sector del cuero quiere recuperarse en el 2020 [en línea]. En: El Colombiano. Antioquia, enero 27 de 2020.

<sup>32</sup> Sector del cuero quiere recuperarse en el 2020 [en línea]. En: El Colombiano. Antioquia, enero 27 de 2020. [Consultado: 16 de febrero de 2020].

de residuos, la segunda fase, consiste en la identificación de los diferentes estudios a nivel internacional y nacional sobre el manejo de los residuos y la generación de subproductos, fase que permitió analizar de manera más específica y detallada los procesos y componentes de los subproductos líquidos y sólidos del cuero. Ambas fases buscan dar respuesta al primero de los objetivos específicos el cual es determinar las características de los subproductos que se obtienen de la Industria del cuero, a través de una revisión bibliográfica actualizada.

En un tercer momento se identificaron las metodologías utilizadas para el procesamiento de los residuos y se analizaron los procesos innovadores con el fin de dar respuesta a dos de los objetivos específicos: 1. Evaluar las diferentes metodologías empleadas para el aprovechamiento de los subproductos de la industria del cuero y 2. analizar de forma crítica los estudios sobre aprovechamiento de los subproductos de la industria del cuero y sus aplicaciones.

En la cuarta fase, se buscó ofrecer a los productores artesanales una propuesta con un conjunto de alternativas, valoradas acorde a criterios económicos, culturales y ambientales, de los cuales depende estrechamente el éxito de su aplicación

## 1. RESIDUOS LÍQUIDOS Y SÓLIDOS DEL PROCESO DE LA CURTIEMBRE

Para entender las dimensiones del problema de la inadecuada disposición, uso y manejo, tanto a nivel ambiental como económico, es necesario primero, ofrecer al lector un panorama respecto a las características de estos residuos, y las partes del proceso de donde emergen, y no logran ser transformados.

**1.2 RESIDUOS SÓLIDOS** De acuerdo a Adzet afirma que “se hace importante reconocer que los residuos sólidos son todos los desechos que se generan en cada una de las etapas del proceso de curtido, que entra rápidamente en putrefacción y que no puede ser procesado ni aprovechado por la etapa que lo genera”<sup>33</sup>. Además, Adzet aclara que “los residuos sólidos cromados son los provenientes de recortes y rebajadoras de cuero curtido y el barro proveniente de las plantas de tratamiento de aguas residuales. La mayor parte de los residuos sólidos tienen un contenido de cromo muy elevado, por lo que son considerados tóxicos.

**1.1.2 Unche.** Cardona dice: “El residuo obtenido en el proceso de descarnado se denomina unche, el cual representa entre el 20 y el 35% del peso inicial de la piel. Este residuo se caracteriza por ser rico en grasa y proteína, con un contenido aproximado de estearina alrededor del 50%, lo que abre la posibilidad de desarrollar procesos que permitan su extracción y pueda ser empleado como materia prima en jabonería o para la fabricación de emulsiones para engrase de cuero”<sup>34</sup>

**1.1.3 Pelo del Pelambre.** González, afirma: “Residuo que se genera en la etapa de pelambre y se da cuando se somete la piel a la cal y sulfuro de sodio”<sup>35</sup>. Es entonces cuando Guzmán y Lujan, dicen que se obtiene: “El pelo, epidermis y suciedad que se desprenden en la etapa de pelambre por la adición de sulfuros,

---

<sup>33</sup> ADZET. Op. Cit., p. 11

<sup>34</sup> CARDONA, Luis. Diseño óptimo del proceso de extracción de grasa a partir del residuo de descarnado derivado del proceso de curtición. Medellín. En: Lámpsakos. No 16, (julio-diciembre 2016); p. 21-32.

<sup>35</sup> GONZÁLEZ, María. Valor nutricional de subproductos de piel e identificación de aminoácidos [en línea]. Tesis de magister. Monterrey. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ciencias Biológicas División de Estudios de Post-Grado, 1998. 134 p.

favorece el aumento de pelo conservado y lodo generado por la destrucción de pelo, queratina y otras proteínas hidrolizadas.”<sup>36</sup>

**1.1.4 Recortes de Piel Cruda.** La Fundación Natura dice: “Se le dice a la cubierta corporal de los animales en bruto que se obtienen como subproducto de las industrias cárnicas, que no tienen valor comercial en el proceso de curtido por presentación o imperfecciones”<sup>37</sup>. Posee una composición elevada de contenido de agua, que se encuentra de dos formas: una parte de esta agua está combinada con las fibras de colágeno, provocando que la piel tenga una sensación de humedad, y la otra parte de agua se encuentra en forma libre entre las fibras de la piel.

En la piel, la mayoría de la proteína que se encuentra corresponde a un 95% de colágeno, un 1% de elastina, 1 - 2% de queratina y el resto son proteínas no fibrosas. Las queratinas son las proteínas que forman el pelo y la epidermis, tienen un contenido alto del aminoácido cistina. Esta proporciona a la molécula de queratina una gran estabilidad, ya que posee un enlace de puente disulfuro -S-S-. Por otra parte, las queratinas son insolubles en agua y se hidrolizan fácilmente mediante la acción de sustancias reductoras en medio alcalino, las cuales crean rupturas de los puentes de disulfuro. La Fundación Natura dice: “El colágeno está formado por unos 20 aminoácidos dependiendo del tipo de animal, además es insoluble en agua y es más reactivo que la elastina. A diferencia de la queratina, esta resiste bien la acción de los agentes reductores en medio básico ya que no contiene cistina. Por lo general, el colágeno reacciona bien con los ácidos y las bases al poseer un gran número de grupos ionizables ácidos y básicos en sus cadenas laterales, por lo que es considerado como una sustancia anfótera”.<sup>38</sup>

---

<sup>36</sup> GUZMAN, Katherine y LUJAN, Marcos. Reducción de emisiones de la etapa de pelambre en el proceso de curtido de pieles. En: Acta nova [en línea]. Perú: Universidad Católica Boliviana San Pablo, (4 de diciembre 2010). vol 4, nro 4. 29 p.

<sup>37</sup> FUNDACIÓN NATURA. Industria de cueros a base de sales de cromo, con agentes vegetales. Fundación Natura. Potencial impacto ambiental de las industrias. Ecuador: de repidisca base de datos. 1991.

<sup>38</sup> Ibid. P. 21

**1.1.5 Grasas (Sebo).** Son sustancias formadas por carbono, hidrógeno y oxígeno con un alto contenido energético que les permite almacenar hasta 2.25 veces más energía que los carbohidratos. Se caracterizan por ser generalmente de naturaleza no polar, más ligeras que el agua e insolubles en ella, poco soluble en alcohol, pero solubles en disolventes orgánicos como éter, benceno, tetracloruro de carbono y cloroformo. Grasa es un término usado para designar varias clases de lípidos, aunque habitualmente se refiere a los acilglicéridos, que son ésteres en los cuales uno, dos, o los tres de sus ácidos grasos se adhieren a una molécula de glicerina (Glicerol), formando respectivamente monoglicéridos, diglicéridos y triglicéridos: siendo los más comunes los triglicéridos (término que significa triésteres del glicerol), los cuales toman el nombre de grasas si a temperatura ambiente son sólidos, o aceites si a esta temperatura son líquidos (50 a 60 °C).

**1.1.6 Carnaza.** Es el residuo que se obtiene de la operación de descarnar. Cuando se retira el tejido adiposo subcutáneo de forma manual o mecánica, representa dentro de un 20-30% del peso inicial de la piel, se caracteriza por ser rico en grasa y proteína, pero contaminado con cal, polvo, material rumiante, y posee un pH entre 9 y 12. Rojas, afirma: “Es el residuo que procede de la operación del descarnar, la cual consiste en raspar de la piel los tejidos subcutáneos formados por tejido adiposo, restos de tejido conjuntivo y muscular, ligamentos cutáneos y vasos sanguíneos y linfáticos que han quedado adheridos al desollar el animal y se asemeja al cuero, pero es menos suave, impermeable y duradera”<sup>39</sup>.

## 1.2 RESIDUOS LÍQUIDOS

Tejerina, Liberal, Iribarne garay y Seghezzi, afirman que durante “el proceso de transformación de las pieles en cuero se consume entre 20 y 100 m<sup>3</sup> de agua por tonelada de piel bruta salada procesada”

Por cada tonelada de piel húmeda salada, se utilizan alrededor de 496 kg de compuestos químicos y unos 62 m<sup>3</sup> de agua, obteniéndose alrededor de 385 kg de producto y generando 734 kg de residuos sólidos y 57 m<sup>3</sup> de agua residual. El agua residual presenta alto contenido de materia orgánica, hasta 5000 mg/l de DQO (Demanda Química de Oxígeno), altas

---

<sup>39</sup> ROJAS, Franklin. Estudio económico-financiero de las grasas extraídas del residuo de descarnar “unche” derivado del proceso de curtación en el municipio de villa pinzón/Cundinamarca [en línea]. Tesis de magister. Bogotá: Universidad nacional de Colombia. Facultad de Agronomía. 2010. 140p.

concentraciones de nitrógeno y sales inorgánicas como cloruros, cromo y sulfuros<sup>40</sup>

Según Silva, en su estudio acerca de la curtiembre “LOUANE CUEROS SAS” diseño de sistema de producción más limpia, “aproximadamente el 65% de los efluentes líquidos generados en curtiembres proviene de los procesos de ribera (remojo, pelambre, descarte y división), esta contaminación es posible reducirla si se reduce al mínimo el uso de sulfuro, cal, y demás químicos utilizados en esta etapa, el 35% restante proviene del curtido, lavado final, y limpieza de la planta”<sup>41</sup>

Según Aparicio, la absorción de aguas residuales tiene especial importancia “debido a la posibilidad de recuperar el cromo para su reutilización en el proceso productivo.” y expone: “El gel de sílice modificado (APG) ha sido investigado como adsorbente para soluciones acuosas de sulfato de cromo con resultados altamente satisfactorios. se ha desarrollado un proceso para la remoción y recuperación de iones de cromo (III) mediante la adsorción en columnas de lecho fijo utilizando APG en forma de pellets como adsorbente.”.<sup>42</sup>

Frente a los residuos líquidos se encontró la generación de “harina de pelo” como subproducto, el cual es usado como componente en la formulación de alimento balanceado para animales (especialmente aves) y fertilizante para suelos sometidos a agricultura permanente, esta se obtiene a partir del procedimiento citado a continuación por Aparicio:

El líquido residual del pelambre se desulfura mediante oxidación catalítica con sulfato de manganeso. El licor residual del pelambre desulfurado se acidifica hasta alcanzar un pH alrededor de 4, con carbonato ácido de sodio, con lo cual se forma una capa compacta proteínica en la superficie del licor residual. Separación de las proteínas contenidas superficialmente

---

<sup>40</sup> TEJERINA, Walter; LIBERAL, Viviana; IRIBARNEGARAY, Martin. y SEGHEZZO, Lucas. Evaluación de la estabilidad de los lodos de las lagunas de estabilización de la zona norte de la ciudad de Salta [en línea]. En: Revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Argentina: Instituto de Investigaciones en Energía No Convencional. 08 de octubre, 2013, Vol. 17, p. 01.29-01.34.

<sup>41</sup> SILVA, Diana. Diseño de sistema de producción más limpia en la curtiembre “louane cueros s.a.s. [en línea]. Tesis Ingeniero Industrial. Bogotá: Fundación universitaria Los Libertadores. Facultad de Ingenierías. Programa de Ingeniería Industrial, septiembre 2016. 44 p

<sup>42</sup> APARICIO, Isabel. Estudio de alternativas de tratamiento en residuos de curtiembres. Tesis de Grado en Ingeniería Química. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Química y Manufacturera, 2002. 93 p.

en el licor residual, por el sistema de flotación. La cantidad de harina producida es de 40 a 50 gramos por cada kilogramo de piel salada.<sup>43</sup>

Es preciso reconocer a Corredor, cuando dice que debido a los fuertes procesos químicos que se realizan en cada proceso: “los residuos líquidos que se obtienen presentan altos niveles de alcalinidad, sulfuro, nitrógeno, sólidos disueltos y suspendidos, aceite y grasa, así como altas demandas de DBO5 y DQO”<sup>44</sup>.

**1.2.1 Cromo.** Se hace fundamental en primera medida hacer una caracterización del cromo dado que es utilizado en varios momentos de la producción en la industria de la curtiembre, pues en este se encuentra en dos formas distintas. Así, como expone López citando a Barrera; “El cromo generalmente existe en el ambiente acuático en dos estados: el trivalente  $Cr^{+3}$  y hexavalente  $Cr^{+6}$ . El  $Cr^{+3}$  [...] por otra parte, el  $Cr^{+6}$  es considerado la forma más tóxica del metal, es altamente oxidante y se presenta de manera soluble en aguas residuales industriales de la curtiembre”<sup>45</sup> Autores como López, reconoce que los compuestos del cromo mejoran el resultado final del proceso de curtición, según el autor: “La utilización del cromo proporcionan mejores características al cuero, más resistencia, mayor durabilidad y además evita la putrefacción con el agua.”<sup>46</sup> Ante esta valorización del residuo del Cromo, Tegtmeyer y Kleban, realizaron una investigación con énfasis en la toxicidad de la producción del cuero en las curtiembres, partiendo del hecho de que el 85% de los cueros se producen utilizando este material. “Lo cual hace relevante abordar la valorización no sólo por los riesgos ambientales que de ello se puede generar sino por las posibilidades de reutilización que se pueden generar y por tanto, mejorar la productividad de las curtiembres”<sup>47</sup>

---

<sup>43</sup> Ibid.p.23

<sup>44</sup> CORREDOR, Jorge. El residuo líquido de las curtiembres estudio de caso: cuenca alta del río Bogotá. Colombia. En: Ciencia e ingeniería neogranadina. Universidad Militar Nueva Granada, (agosto-diciembre 2006), vol. 16, nro. 2, p. 14-28.

<sup>45</sup> Barrera, Lugo. A Review of chemical, Citado por LÓPEZ, Estefanía. Reducción de cromo en estado de oxidación (6+) y generación de energía eléctrica en una celda de combustible (ccm) de biocátodo [en línea]. Trabajo de grado para optar el Título de Químico. San Juan de Pasto, Nariño. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, 2014. 71 p.

<sup>46</sup> Ibip.p.24

<sup>47</sup> TEGTMEYER, Dietrich. y KLEBAN, Martin. Investigación sobre cromo y cuero, un enfoque equilibrado de hechos y datos científico [blog]. Leder piel. 17 de marzo de 2014.



En las pruebas que aporta Ortiz y Carmona, en donde se descubrió que la proporción indicada para la aplicación del cromo residual, en las curtiembres es de 40:60, es decir. 40% de cromo residual frente a 60% de cromo comercial. La razón, es que: “el cromo comercial apenas tiene entre 17% y 19% de cromo, es baja mientras que el cromo comercial puro tiene concentraciones de 31%. Eso ayuda de modo significativo en la dinámica productiva de la curtiembre, pues reduce el costo de compras del cromo comercial, y el costo de tratamiento de aguas residuales, pudiendo reutilizar este material miles de veces, sin problemas de calidad en el tratamiento”<sup>48</sup>

---

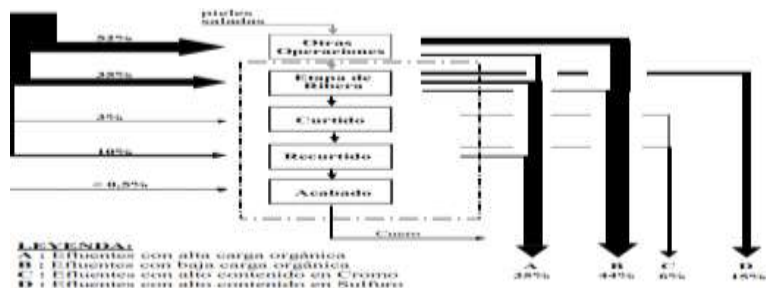
<sup>48</sup> ORTIZ, Nidia y CARMONA, Juan. Aprovechamiento de cromo eliminado de aguas residuales de curtiembres –san Benito, Bogotá: Mediante tratamiento con sulfato de sodio [en línea]. En: Revista Luna Azul, enero-julio 2015, nro. 40. p. 117-126

## 2. METODOLOGÍAS PARA EL APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS Y LÍQUIDOS

### 2.1 EXPERIENCIAS NACIONALES E INTERNACIONALES

**2.1.1 Experiencias Internacionales.** En el trabajo realizado por Benzema y Márquez, se parte del problema de la eficiencia de la producción en las curtiembres, pues “se estima que solo se aprovecha el 50% de los materiales que se utilizan en la curtiembre. Según los cálculos realizados, de un total de 1000 kg de piel seca, sumado a 63 m<sup>3</sup> de agua y 442 kg de reactivos, se pueden obtener 500 kg de piel, de la mano con 58 m<sup>3</sup> de efluentes y 696 kg de residuos sólidos”<sup>49</sup> En este trabajo los autores proponen la recuperación de los insumos reutilizables como el cromo, de los afluentes parciales que emergen de los distintos procesos. A continuación, “una imagen ilustra los porcentajes de fluidos que salen de cada proceso. Por ejemplo, se identifica que la obtención del cromo se debe realizar en los procesos de curtido y recurtido, en el cual se recupera el 6% del efluente total. Mientras que los efluentes con alto sulfuro se encuentran en la etapa de ribera con un 15% de contenido en los efluentes”<sup>50</sup>.

**Figura 1 Reutilización de efluentes.**



**Fuente:** BEZAMA, Alberto y MÁRQUEZ, Fernando. 2007, p, 98.

Los autores proponen dos procesos para la recuperación de: 1. Los sulfuros de los efluentes de pelambre y, 2. El cromo de los efluentes de curtido. A continuación,

<sup>49</sup> BEZAMA, Alberto y MARQUÉZ, Fernando. Recuperación de reactivos de los efluentes de curtiembres: experiencias a nivel laboratorio y plantas piloto. En: Producción limpia en la industria de la curtiembre. Universidad Santiago de Compostela. 2007; p 97-112.

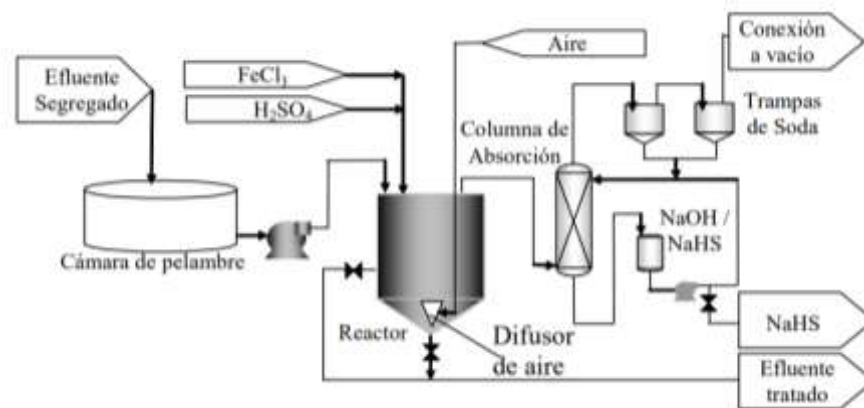
<sup>50</sup> lbip.p.26

una descripción de cada una con la imagen del proceso que se debería seguir idealmente.

Recuperación de los sulfuros de los efluentes de pelambre:

El efluente se inyecta en un reactor de 3 metros cúbicos, el cual está diseñado con un plástico especial reforzado con fibra de vidrio, y totalmente sellado. Al reactor se le inyecta aire comprimido, lo cual genera una agitación de la mezcla. Se agrega ácido sulfúrico para disminuir el pH de la mezcla, lo que genera ácido sulfídrico gaseoso ( $H_2S$ ). Luego se absorben los gases del reactor, luego los gases se lavan con soda cáustica ( $NaOH$ ), la reacción de ambos químicos genera la formación de hidrogenosulfuro de sodio ( $NaHS$ ), que puede ser utilizado nuevamente en la etapa de pelambre.

Figura 2 Recuperación de sulfuros de efluentes de pelambre.



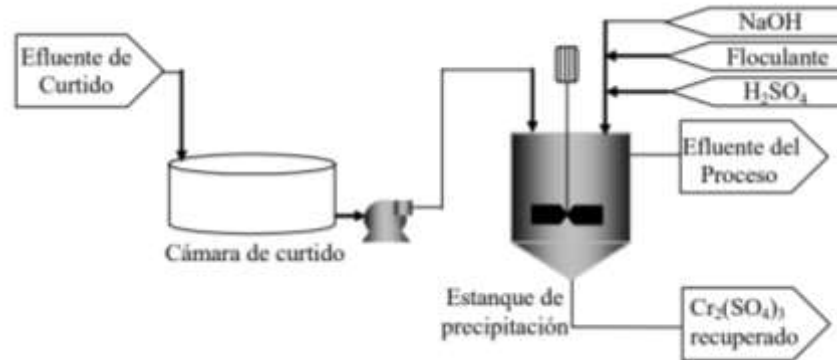
**Fuente:** BEZAMA, Alberto y MÁRQUEZ, Fernando. 2007, p, 102.

Recuperación de cromo de los efluentes de curtido:

De acuerdo a Benzema y Márquez, "El efluente se ingresa en la cámara de curtido y luego se filtra hacia el tanque de precipitación. Se anexa la solución de soda cáustica ( $NaOH$  10%), para luego mantener la mezcla en una agitación constante durante 40 minutos. Al finalizar este periodo de tiempo, la solución de hidróxido de

chromium is treated with sulfuric acid to obtain, as a result, chromium sulfate.”<sup>51</sup>

Figura 3. Recuperación de cromo de efluentes de curtido.



**Fuente:** BEZAMA, Alberto y MÁRQUEZ, Fernando. 2007, p, 103.

En el trabajo realizado por Loeder, en Austria, se muestra la forma de inmovilizar el cromo en virutas de un material llamado wet blue. “En los primeros ensayos de este proceso, se obtuvo un ladrillo poroso con bastante humedad, pero al aumentar la temperatura a 1.100°C, se puede observar que la formación de poros es mucho menor que a 850°C. Luego, para poder inmovilizar totalmente el cromo en los ladrillos comprimidos con calor, se utilizaron las siguientes mezclas”<sup>52</sup>.

- Mezcla con 87,5% de arcilla, 7,5% de polvo de pulido, 4% de bórax y 1% silicafume.
- Mezcla con 87,5% de arcilla, 7,5% de polvo de pulido y 5% de sulfato de hierro.
- Muestras sin aditivos: 92,5% de arcilla y 7,5% de polvo de pulido.

En todos los ensayos se agregó polvo del pulido, que es el sobrante del curtido final de las pieles, y es donde más se concentra el cromo, el resultado de los ladrillos tiene una rigidez suficiente como para empezar las pruebas en la industria del ladrillo.

---

<sup>51</sup> Ibip.p.26

<sup>52</sup> LORDER, Karl. Tratamiento térmico de residuos sólidos de la industria de curtiembre: empleo de virutas de piel húmedas en la industria de fabricación de ladrillos. En; Producción limpia en la industria de la curtiembre. Universidad Santiago de Compostela. 2007; p 305-320

Por su parte en el estudio de Muñoz e Hidalgo, en Ecuador, señala que los afluentes más contaminantes que están: “siendo arrojados a los ríos, provienen de los procesos de pelambre y curtido”.<sup>53</sup> Para poder utilizar el cromo, debe ser acondicionado mediante procesos de sedimentación primaria, coagulación, floculación y luego una sedimentación secundaria. Para el proceso de curtido tan solo se propone la sedimentación primaria. En el experimento realizado se utilizó una proporción de 40% en agua reciclada, y un 60% de agua limpia. Como resultado, se obtiene una piel con un depilado incompleto, por lo cual se aumentó el agua reciclada al 60% del efluente reciclado, a la vez que se redujo de 60% a 40% de agua fresca. A través de este proceso se obtienen las siguientes cualidades en el cuero: i) Soltura, superficie bien definida. ii) Llenura, estructura compacta de la piel. iii) 0% de contracción del cuero a la temperatura de ebullición del agua.

**2.1.2 Experiencias Nacionales.** En Colombia, los municipios de Villa pinzón y Choconta, son los principales exponentes de curtiembres en el país, todos los desechos producidos por esta actividad son arrojados al río Bogotá, por lo que los estudios sobre reutilización de dichos desechos se han centrado principalmente en la detoxificación de estos y en la reducción de vertidos sobre el río Bogotá.

Sánchez y Ramírez en su “Propuesta del parque ecoeficiente industrial del cuero” señalan resultados muy prometedores:

Logra incorporar como determinante fundamental el mejoramiento de las etapas del proceso industrial que afectan directamente a la problemática ambiental de vertimiento sobre la cuenca alta del río Bogotá, incorporando equipos de tratamiento hídrico que separan agentes contaminantes tales como los cloruros y el cromo de los vertimientos para poder tratar las aguas residuales y poderlas reutilizar como aguas para sanitarios y sistemas de riego tanto para áreas verdes naturales como para muros y cubiertas verdes que componen el cerramiento de algunos edificios, logrando disminuir alrededor de un 60% la cantidad de agua vertida al río Bogotá.<sup>54</sup>

---

<sup>53</sup> MUÑOZ, Marcelo y HIDALGO, Daniel. Estudios de reciclaje de los efluentes de pelambre y curtido de una curtiembre. En; Producción limpia en la industria de la curtiembre. Universidad Santiago de Compostela. 2007; p 127-140

<sup>54</sup> SÁNCHEZ, Lizeth y RAMÍREZ, Juan. Propuesta del parque ecoeficiente industrial del cuero: como elemento urbano que contribuye a la disminución de vertimientos causados por los procesos industriales de las curtiembres en los municipios de Villapinzón y Chocontá Cundinamarca. [en línea]. Trabajo de Grado en Especialización en Gestión Ambiental Urbana. Universidad Piloto de Colombia. Facultad de Ciencias Ambientales [en línea]. (2016). 108 p.

Por otro lado, en el estudio realizado por los autores Numpaque y Viteri, advierte que; “Del peso total de las pieles que ingresa a la curtiembre el 60% es eliminado, ya sea en las aguas residuales o como residuos sólidos que incluyen grasas, tejidos biodegradables, pelo, fibras, cuero curtido en forma de pedazos, viruta y polvo como dice<sup>55</sup> Corredor, El pelo residual, en algunos casos durante el proceso es removido mediante filtración, también dicen, Guzmán y Lujan<sup>56</sup>, que la mayoría es descargado directamente al río Bogotá o al relleno sanitario.”

El pelo residual generado del proceso de pelambre de la industria de la curtiembre se puede transformar en compost. “El compostaje de residuos sólidos orgánicos es llevado a cabo por una gran diversidad de microorganismos, bajo el control de factores que afectan tanto su crecimiento como su actividad” Numpaque y Viteri, “La efectividad del proceso depende en gran medida de las condiciones ambientales, del método utilizado, de las materias primas empleadas y de otros factores que implican vigilancia constante para que estén en un rango óptimo (Román et al., 2013).”<sup>57</sup>

De acuerdo al aporte de Numpaque y Viteri, Los microorganismos del Agroplux, son capaces de “recuperar la biota del suelo, y de aportar nutrientes y sustancias biológicamente activas, como antibióticos y promotores de crecimiento vegetal (giberelinas, citoquininas, ácido indolacético y sus derivados) que favorecen el reciclaje de minerales, el desarrollo de los cultivos y evitan focos de contaminación”<sup>58</sup>,

Frente a la investigación por Numpaque y Viteri, sobre este proceso de valoración de los residuos sólidos de la curtiembre se realizó una:

evaluación de la efectividad de los microorganismos del EM y AP sobre la transformación del pelo residual de las curtiembres, los cuales se

---

<sup>55</sup> CORREDOR, Jorge. El residuo líquido de las curtiembres estudio de caso: cuenca alta del río, citados por NUMPAQUE, Ruth y VITERI, Silvio. Biotransformación del pelo residual de curtiembres. En: Revista de ciencias agrícolas [en línea], 2016. vol. 2, nro.33, p. 95-105.

<sup>56</sup> GUZMAN, Katherine y LUJAN, Marcos. Reducción de emisiones de la etapa de pelambre en el proceso de curtido de pieles, citados por NUMPAQUE, Ruth y VITERI, Silvio. Biotransformación del pelo residual de curtiembres. En: Revista de ciencias agrícolas [en línea], 2016. vol. 2, nro.33, p. 95-105.

<sup>57</sup> NUMPAQUE, Ruth y VITERI, Silvio. Biotransformación del pelo residual de curtiembres. En: Revista de ciencias agrícolas [en línea], 2016. vol. 2, nro.33, p. 95-105.

<sup>58</sup> Ibid.p.30

mezclaron con residuos de plaza de mercado en composteras elaboradas sobre piso de cemento bajo techo. Los tratamientos evaluados fueron: T1, pelo residual (20%) + residuos de plaza (80%) + EM y AP; T2, pelo residual (40%) + residuos de plaza (60%) + EM y AP; T3, pelo residual (60%) + residuos de plaza (40%) + EM y AP. Se incluyeron dos controles: Residuos de plaza 100% + EM y AP y Residuos de plaza 100%, sin inoculación<sup>59</sup>

Frente a ello, los autores de la investigación sostienen que este tipo de proceso representa una alternativa viable: Sobre esta alternativa de biotransformación del pelo residual de la industria de curtiembres en compost, ya que se disminuyen los riesgos de contaminación ambiental, pues como también reconocen estudios de las curtiembres chilenas: “A través del proceso de compostaje es posible procesar las fracciones de residuos, recolectadas segregada mente, para obtener un fertilizante de bajo costo”.

Esta forma de transformación de los residuos según los autores Lorber, Karl. *et. al.* reconocen que: “este tratamiento aeróbico de residuos sólidos de pieles curtidas puede ser una solución adecuada para las pequeñas y medianas curtiembres en países en desarrollo, dada su simplicidad tecnológica y sus bajos costos de inversión.”<sup>60</sup> lo cual es importante para los fines de esta monografía y la propuesta que se busca generar pues, los autores exponen también que la instalación de este tipo de sistema permitiría generar un subproducto útil del proceso que podría evitar la “disposición de una fracción importante de residuos en un relleno sanitario”

Para Colombia, el trabajo realizado por Ordóñez, de la Universidad Javeriana titulado: “Diseño y desarrollo de producto, reutilización de retazos de cuero y materiales sintéticos de la industria marroquinera (fragmento diseño)”, es importante porque nos puede brindar otra mirada sobre la reutilización de los residuos, pues como expone la autora:

Viendo los desechos como elementos que proporcionan creatividad”, (Blackwell, Allen.) los retales de material se pueden convertir en buenos productos a través del diseño y de procesos de manufactura alternos o distintos a los ya establecidos en la industria marroquinera; agregando además otras características que generan diferenciación del producto

---

<sup>59</sup> Ibid.p.30

<sup>60</sup> LORBER, Karl. *et. Al.* Compostaje de residuos sólidos de curtiembre [en línea]. (2003).

como: El uso de retazos para creación de nuevos productos a nivel marroquino, la reutilización de materiales, generando una mayor conciencia ambiental, Producción de objetos duraderos y de calidad, formal y funcionalmente aptos, Implementación del concepto “fragmento” a través de elementos estéticos como Kitsch y El pop art, Implementación de valores como: moda para la competitividad, generación de trabajo, desarrollo de producto sostenible<sup>61</sup>.

## **2.2 METODOLOGÍAS PARA REUTILIZACIÓN DEL UNCHE COMO MATERIA PRIMA PARA JABÓN**

El unche es la grasa animal que resulta del proceso de curtido de las pieles. Este material es utilizado por lo general, como un insumo para la realización de jabones o alimentos en el caso de las grasas, y como insumo para alimentos de animales, en el caso del chicharrón que se convierte en harina. De acuerdo a Palacio,<sup>62</sup>

El método tradicional más utilizado para la extracción de la grasa es la cocción, este proceso consiste en hervir a más de 120°C los residuos de unche. Luego, las pieles son tratadas con ácidos, como ácido sulfúrico o fosfórico, para desprender las demás partes. El problema es que la calidad de estos materiales es baja, debido a que no contiene suficientes niveles de elementos claves para la producción industrial. Uno de estos niveles es la saponificación, que es el índice de hidróxido de potasio necesario para realizar jabón. Como expone Rojas, “los residuos líquidos se disponen en una cañería que se dirige hacia la disposición de residuos para la producción de compostaje, proceso que será explicado en el pelambre”.<sup>63</sup>

Según el Instituto Tecnológico Agroalimentario de España<sup>64</sup> (En adelante AINIA) propone en su manual de mejores prácticas disponibles para la producción de

---

<sup>61</sup> ORDOÑEZ, Amanda. Diseño y desarrollo de producto, reutilización de retazos de cuero y materiales sintéticos de la industria marroquina (fragmento diseño). Tesis de grado en Diseño Industrial. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Arquitectura y Diseño, 2012. 139 p.

<sup>62</sup> PALACIO, Fernando. Diseño óptimo del proceso de extracción de grasa a partir del residuo de descarte derivado del proceso de curtición [en línea]. En: Revista de Ingeniería Lampsakos. Medellín. Universidad Católica Luis Amigo, julio-diciembre de 2016, nro. 16. p, 21-32.

<sup>63</sup> ROJAS. Op. Cit., p. 22

<sup>64</sup> AINIA, Mejores técnicas disponibles para la industria de aprovechamiento de subproductos de origen animal. Instituto Tecnológico Agroalimentario, España. 2007



cueros y la reutilización de sus residuos, el proceso de fusión discontinua en seco, el cual consiste en las siguientes etapas:

- Almacenamiento: lugar donde se disponen los materiales provenientes de las curtiembres y los mataderos para ser depositados en un contenedor que se encuentra conectado directamente con el molino.
- Picado: el picado de la materia prima es una parte fundamental que no se encuentra en el proceso básico de cocción, y facilita la extracción de la grasa, y la separación del agua, el aceite y los sólidos. El estándar de la porción picada debe ser 50 mm por trozo.
- Cocción. En este caso la cocción se realiza a través de otras herramientas. Se disponen los materiales en un horno sellado herméticamente. Según los estándares europeos, esta cocción se debe hacer a temperaturas superiores a los 133°C, con una presión absoluta de 3 bares, durante un periodo no inferior a 20 minutos, con el fin de eliminar los agentes patógenos más resistentes. Al realizarse a través de este proceso, las harinas resultantes no requieren esterilización.
- Prensado: en este punto se ha separado la parte sólida de la líquida, la líquida se destina para hacer aceites, y el chicharrón se destina para hacer harinas. En cada caso se envían por cantidades determinadas a una prensa de tornillo. La presión sobre la grasa extrae los últimos rezagos de agua, y se produce de esta forma el sebo. En el caso de las harinas, se busca extraer el 100% del agua para evitar la descomposición del producto.

## 2.3 METODOLOGÍAS PARA REUTILIZACIÓN DE PELO DE PELAMBRE

**2.3.1 Extracción de Queratina.** La queratina es un producto que sirve tanto para alimentación animal como para la creación de fertilizantes especiales altos en nitrógeno. Según lo explica Vega, “una curtiembre que procese un total de 25 toneladas, puede llegar a producir 2.5 toneladas de pelo seco y húmedo, insumo base del cual se obtiene la queratina”<sup>65</sup>.

De acuerdo al autor Vega<sup>66</sup>, Uno de los métodos de procesamiento más sencillo para la reutilización de la queratina obtenida del pelo seco y húmedo, es la

---

<sup>65</sup> VEGA, Luisiana. Reaprovechamiento del residuo queratinoso del proceso de pelambre como fuente de aminoácidos por hidrólisis alcalina o hidróxido de calcio [en línea]. Tesis Ingeniero Ambiental. Lima: Universidad Nacional Agraria, La Molina. Facultad de Ciencias. 2014. 116 p.

<sup>66</sup> Ibid. p. 34

producción de fertilizantes agrícolas a través del prensado a altas temperaturas. En este procedimiento, los residuos de pelo se les realiza una hidrólisis alcalina a condiciones de 0.50 gramos de hidróxido de calcio por gramo de Residuo Sólido, a 90°C, por 8 horas y en agitación constante, con el fin de poder asimilar los aminoácidos presentes en el Residuos Sólido, luego este Residuo se pasan por una plancha caliente y se producen unas láminas que pueden ser incorporadas a la tierra directamente. La ventaja principal de estas láminas es que liberan lentamente el nitrógeno, hecho que evita la contaminación y facilita la absorción de nutrientes por parte de las plantas.

**2.3.2 Obtención de fertilizantes orgánicos por medio de compostaje.** La obtención de fertilizantes orgánicos no se restringe a uno solo de los residuos de la curtiembre, en realidad, los lodos de pelambre utilizados para la obtención de fertilizantes por medio del sistema de tratamiento aeróbico, se componen tanto de restos de pelo, como de unche, cebo y piel cruda, razón por la cual se convierte en una de las mejores alternativas para tratar la mayor cantidad de residuos sólidos de modo simultaneo.

#### **Paso 1: acopio de lodos de pelambre:**

Según el estudio realizado por Velásquez, Sandra; Giraldo, Diego y Cardona, Natalia<sup>67</sup>, los lixiviados y lodos provenientes de los diferentes procesos se canalizan por gravedad en un isotanque, el cual se forra interiormente con una bolsa gigante de tela. Poco a poco el agua se va escurriendo por gravedad, de tal forma que el residuo sólido queda listo para ser tratado a través de la técnica de compostaje. Según el estudio citado, en un total de 13 días se obtuvieron los siguientes resultados, en relación con el drenaje del agua del isotanque. El primer día se aportaron un total de 661 kg y no se obtuvo ningún residuo líquido. En el día número cuatro la composición perdió un 12% en líquido, obteniendo así un total de 582 kg de peso sólido.

En el día número nueve, la humedad se redujo en un 21%, y el peso disminuyó a 527 kg. En el día 12 los residuos alcanzaron una pérdida del 24% de la humedad, con un peso de 505 kg. Finalmente, en el día 13, se perdió el 34.64% de la humedad, obteniendo un peso neto de 432 kg. De acuerdo a lo expuesto por Palacio<sup>68</sup>, “el compuesto final es de color gris, sin olor y de una textura dura y compacta, cuando está listo para ser aportado al sistema de compostaje que es el paso 2”

---

<sup>67</sup> VELÁSQUEZ, Sandra; GIRALDO, Diego y CARDONA, Natalia, Op. Cit., p. 15

<sup>68</sup> PALACIO. Op. Cit., p. 32

- Paso 2: compostaje

Para la elaboración del compostaje se destina un tanque de cemento, en el cual se depositan los residuos. La elaboración del compostaje requiere de otros elementos de carácter vegetal y animal que pueden cualificar el resultado final. En el caso del trabajo desarrollado por Velásquez, S; Giraldo, D. y Cardona, N. “se utilizaron solo hojas secas para agregar al lodo resultante de los residuos sólidos de la curtiembre”<sup>69</sup>. El proceso fue el siguiente.

Para un total de 432 kg de materia gris, se destinaron 98.6 kilogramos de hojas que se ubicaron en la parte inferior de la materia gris (compuesta por lodos de pelambre, unche, etc.), mientras que en la parte superior se adicionaron 148.5 kg de cal. La dimensión de la pila de compostaje fue de aproximadamente 3 x 3 metros. El residuo que tomó mayor tiempo en descomponerse por completo fu el pelo, razón por la cual se destinaron un total de 51 días para terminar el proceso, obteniendo como resultado final un total de 458 kg de abono orgánico con alto contenido de nitrógeno y fósforo. Otro aporte para compostaje tenemos el trabajo realizado por Guerrero y Monsalve, “se incluyeron otros elementos como el estiércol que puede multiplicar el porcentaje de nitrógeno en el fertilizante final. Para esto, se tomaron los residuos de curtiembre obtenidos de 15 reces (480 kg) y se mezclaron con 180 kg de aserrín (utilizado como suelo en los camiones en los que transportan el ganado), para poder obtener de allí la orina y el estiércol. Se agregaron también 30 kg de estiércol, 142 kg de sangre, para un total de 832,5 kg de compost antes de procesar”<sup>70</sup>. En esta oportunidad, el experimento investigativo arrojó que la mejor forma es voltear una vez por semana y no dos veces, porque de esta manera resulta de mejor calidad el compostaje.

---

<sup>69</sup> VELÁSQUEZ. Sandra; GIRALDO. Diego y CARDONA. Natalia. Op. Cit., p. 15

<sup>70</sup> GUERRERO, Jhonier y MONSALVE, Javier. Evaluación del compostaje de subproductos derivados del sacrificio y faenado del ganado [en línea]. En: Scientia et technical. Pereira: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Pereira, mayo. 2007, nro. 34.

## 2.4 METODOLOGÍAS PARA REUTILIZACIÓN DE RECORTE DE PIEL CRUDA

**2.4.1 Tripa Artificial.** Uno de los materiales que se pueden producir a partir de la piel cruda, es la tripa artificial de colágeno. Estas tripas son utilizadas en la industria de los alimentos embutidos como salchichas, rellenas, chorizos, y otros tipos de producto. Por lo general, el material de la tripa suele ser rígido, lo que genera una forma específica de formación de las salchichas, que es cilíndrica perfecta. En la investigación realizada por los expertos que patentaron el proceso, bajo el código (WO2012/056080A1), ante la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual, (En adelante, OMPI), “describe un procedimiento en el que se logra que la textura de la tripa sea flexible, y además, tome formas especiales dependiendo de la posición de los anillos de salida de la maquina productora”<sup>71</sup>.

- Paso 1: en la primera etapa se busca obtener el gel extrusionable a partir de los residuos de piel cruda. Este proceso se realiza con algún ácido que puede ser fosfórico y de esta forma se extrae el gel de colágeno fibroso que se necesita como base para los siguientes pasos del proceso. Luego el gel fibroso es lavado con abundante agua.
- Paso 2: en este punto es donde radica la innovación de la patente, se cambia el cabezote de extrusión, el cual es tradicionalmente anular, o forma circular, por cabezotes de diferentes formas como curva, poligonal u oval.
- Paso 3: en este paso se realiza el proceso de pasar el gel por la maquinaria, y obtener la película de gel de colágeno. En donde se identifican las siguientes variaciones.

Al descentrar los cabezotes de la ranura circular tradicional, se obtiene un tipo de tripa curvo, a pesar que la película se produce en la misma línea de tiempo, uno de los costados resulta más grueso por la descentralización de las piezas, y, por lo tanto, resulta la tripa para las salchichas curvadas.

---

<sup>71</sup> ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE PATENTE INTELECTUAL. *procedimiento para obtener tripa artificial para embutición de productos alimenticios, tripa artificial y productos así obtenidos*. [en línea]. Inventor: García, Ion y Longo, Carlos. Fecha de solicitud: 3, mayo, 2012. Estados Unidos de America, Solicitud de patente wo2012/056080a1.

Otro punto importante a la hora del proceso de producción según OMPI, es: “evitar que se peguen las películas del producto tubular, lo cual se evita de dos maneras, se puede generar un vacío exterior en la salida de la película, o se puede inyectar algún fluido. En el caso de esta invención, se inyecta vapor de aire que permite que la tripa artificial permanezca con su forma circular y no se peguen las paredes de esta entre sí”<sup>72</sup>

## 2.5 METODOLOGÍAS PARA LA REUTILIZACIÓN DE SEBO

**2.5.1 Biodiesel.** La obtención de biodiesel se realiza mediante diferentes procesos tales como la micro emulsión, pirolisis, dilución y transesterificación, siendo este último el más usado. Este método resulta el más económico y tiene un porcentaje de conversión del 98%, con pocas reacciones secundarias.

La transesterificación comprende la reacción de estas con alcohol metílico. En este sentido Tejeda y Tejeda<sup>73</sup>, afirman que el componente mayoritario de grasa reacciona con un alcohol primario bajo la acción de un catalizador que puede ser soda caustica, como ya se dijo, o metilato sódico, ambos en solución metálica. La tecnología básica de producción consta de un reactor.

- Paso 1. Por un lado, en un tanque auxiliar, se prepara la solución de metóxido de sodio, a partir del alcohol metílico de alta pureza, además de hidróxido de sodio
- Paso 2. La mezcla se vierte en el reactor principal en el cual se encuentran los lípidos o grasas ya fundidos. La reacción se debe realizar a unos 50°C para agilizar el proceso.
- Paso 3. Finalmente, se almacena el resultado por lotes en los que se decanta la glicerina y se obtiene el diésel.
- Paso 4. Se dirige el líquido hacia el proceso de empaclado.

---

<sup>72</sup> Ibid. P. 36

<sup>73</sup> TEJEDA, Candelaria y TEJEDA, Lesly. Obtención de biodiesel a partir de diferentes tipos de grasa residual de origen animal. En: Revista Luna Azul [en línea]. Caldas: Universidad de Caldas, enero-julio 2013, nro. 36, p. 10-25.

- Paso 5: se realiza una prueba de inflamabilidad para ver si la reacción es la correcta.

## **2.6 METODOLOGÍAS PARA LA REUTILIZACIÓN DE CARNAZA A TRAVÉS DEL HIDRÓLISIS DE COLÁGENO**

El colágeno hidrolizado es el colágeno que se deriva del hueso y cartílago de bovinos. Usualmente, el hueso es aplastado, molido, desgrasado, empapado en ácido sulfúrico (1 litro x cada 5 litros de agua) para remover el calcio, empapado nuevamente para romper los enlaces de colágeno y luego deshidratarlo. Citando el aporte del Colágeno, “Este proceso da como resultado aminoácidos pequeños e intactos que no han sido dañados. Estos aminoácidos se absorben rápidamente en el torrente sanguíneo y se utilizan como los bloques de construcción de nuevo colágeno”<sup>74</sup>

El concepto hidrolizado, hace referencia a la forma que pueden fusionar con las partículas de agua diferentes elementos, en este caso, el colágeno. La glicina, prolina e hidroxiprolina representan el 45% de la composición total, por lo que hace que el colágeno hidrolizado sea una alta fuente de proteína animal, pues la secuencia anterior, es la encargada de estimular el nuevo proceso de producción de colágeno en el cuerpo. Existen tres tipos de proceso o metodologías para obtener el hidrolizado de colágeno: hidrólisis térmica, que consiste en elevar la temperatura a más de 100°C hasta lograr la ruptura drástica de los enlaces. A través de hidrólisis química, proceso a través del cual se utilizan ácido fuerte para romper la molécula. Y finalmente, la hidrólisis enzimática, en la que se utilizan enzimas diseñadas para romper la molécula, generando así un producto sin residuos de compuestos que puedan afectar el color, sabor y textura del material

**2.6.1 Gelatina.** De acuerdo al aporte de Ortiz, “Es un producto proteínico que resulta de dividir una molécula de colágeno y obtener dos de gelatina”<sup>75</sup>. El procesamiento de la gelatina se divide generalmente en dos fases. En la primera, conocida como la fase fría, se remueve el contenido no colagénico-soluble. Los

---

<sup>74</sup> COLAGENO. Hidrolisis de colágeno. {En línea}. {20 enero de 2020} Obtenido de, <https://colageno.win/colageno-hidrolizado/>

<sup>75</sup> ORTIZ, Vicente y MARTINEZ, Luis. Obtención de gelatina a partir de residuos de curtiembres. Popayán, Trabajo de grado (Ingeniero Agroindustrial) Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 2009, 81 p.

retazos son remojados en una especie de molinos que se encuentran en constante movimiento y están llenos de agua y cal.

Al pasar 7 días de este proceso continuo, se lava el recorte con un exceso de agua para eliminar todas las impurezas y residuos químicos que puedan quedar. Este proceso es conocido como: desencalado.

La segunda fase, se realiza en caliente. Se trata de pasar el contenido por un hidrolisis de colágeno. Luego de unas horas, empiezan a aparecer los primeros caldos proteínicos decrecientes, que es lo que se define como gelatina. Ahora, es necesario tener en cuenta que existen distintos tipos de gelatinas, y que cada una tiene procesos diferentes. Por ejemplo, las gelatinas de tipo A, se extraen por medio de procesos ácidos. Este tipo de gelatina se elabora con base en cueros de cerdo. En la primera etapa del proceso, se lava el cuero con abundante agua fría, y luego con agua caliente provocando el hidrolisis del colágeno. Luego se concentra por evaporación, se gelifica y se seca.

Por su parte, la gelatina de tipo B, es extraída de ganado vacuno, y se diferencia del tipo A, por su acidez. El proceso con este tipo de gelatina se conoce como alcalino. A continuación, se describen los pasos para la realización de este insumo básico alimenticio.

- Cortado: se reduce el tamaño de las piezas del descarte para que el tratamiento sea más homogéneo.
- Prelavado: se lava el material con abundante agua para retirar elementos extraños.

Tratamiento Alcalino: se sumergen los materiales en piscinas con cal o soda, para la primera separación del colágeno

- Neutralización: se lava de nuevo el material para retirar más materiales indeseados y se neutraliza con ácido clorhídrico.
- Extracción: luego se realiza la separación de los materiales líquidos y sólidos utilizando altas temperaturas (entre 40 a 80°C), de 3 a 5 horas y por etapas sucesivas, luego se separan diferentes cortes y se purifican.
- Filtración: con el uso de tierras diatomeas se logra que la gelatina adquiera claridad y brillo, calidades necesarias para la industria alimentaria, fotográfica y farmacéutica

- Desmineralización: cuando esta base está lista, se atraviesa la gelatina por un lecho de resina, a través del cual se realiza un intercambio iónico.
- Evaporación: los líquidos restantes se evaporan y se concentran los caldos, produciendo un material semi seco, previo al desarrollo del material totalmente seco.
- Esterilización: Con el uso de una máquina de vapor especial, se pasa el material por el vapor a temperatura entre 130 – 140°C por 3-4 horas y finalmente se flamea, eliminando así el 100% de agentes patógenos o extraños que puedan ser dañinos para la salud.
- Secado: finalmente en un túnel dinámico de alta temperatura (250°C-100° - 60°C), se seca el producto.
- Molienda: se pasa este material resultante por molinos que ofrecen diferentes tamaños del grano.
- Envasado y Almacenaje: finalmente se empaca el producto en lonas selladas para su traslado hacia las fábricas.

**2.6.2 Juguetes Caninos.** Dice Ortiz<sup>76</sup>, el mercado de los juguetes caninos es creciente, debido a que las personas cada vez más conviven con dichos animales. El insumo base para la elaboración de este tipo de juguetes es la carnaza que viene de los mataderos y curtiembres. A continuación, se describe el proceso.

- Paso 1: recepción del material: se recibe el material proveniente de las curtiembres y mataderos y se acopia en la bodega destinada para tal fin.
- Paso 2: se ubica el material en los bombos de lavado. En este punto, el material que viene con pelo, humedad e incluso barro, es lavado con abundante agua fría de modo que los desechos innecesarios son retirados.
- Paso 3: escurrido y presecado: en esta fase se obtiene el agua sobrante a través del efecto de la gravedad, pues se cuelgan las piezas y se permite que escurran hasta que se librea la mayor cantidad de humedad posible y luego se pasa por el proceso de presecado, el cual se realiza a través de la evaporación final del agua por el control de la temperatura en el lugar de almacenamiento. En este paso, de los 1000 kilogramos de carnaza

---

<sup>76</sup> Ibid. p. 37



procesados, se debe obtener el 27% del producto listo para ser convertido en huesos de juguete. Este porcentaje representa 270 kilogramos de materia prima utilizable.

- Paso 4: corte y armado: en esta fase se cortan las piezas de la carnaza, se arman según los moldes que se tienen disponibles en huesos de diferentes tamaños. En el estudio que se cita, se pueden obtener huesos de 6 a 7 pulgadas.
- Paso 5: túnel de secado, empaque y etiquetado: finalmente, para asegurar la firmeza y ausencia total de humedad en el producto, se pasa por un túnel de secado en el que se obtiene la consistencia ideal y se pasa al área de empacado y etiquetado.

## **2.7 TRATAMIENTO DE AGUAS A TRAVÉS DEL ÁCIDO FÓRMICO PARA OBTENCIÓN DEL CROMO**

Uno de los tratamientos que se identificaron como relevantes para reducir la contaminación de las fuentes de agua por residuos provenientes de la curtiembre, es un proceso a través del cual se puede reutilizar el cromo que resulta durante el proceso de curtido. El proceso es el siguiente:

Propone Ortiz y Carmona<sup>77</sup>, Al obtener el agua con cromo que resulta del curtido, se debe utilizar ácido fórmico de grado comercial al 85% en peso, sin diluir, porque de esta manera se obtiene la sal de cromo más concentrada y cercana al pH de 3.5 que es el ideal para el salado de las pieles. De esta forma, el cromo se puede utilizar y reutilizar en repetidas ocasiones sin perder la calidad del proceso de salado de las pieles.

---

<sup>77</sup> ORTIZ, Nidia y CARMONA, Juan. Aprovechamiento de cromo eliminado de aguas residuales de curtiembres –san Benito, Bogotá: Mediante tratamiento con sulfato de sodio [en línea]. En: Revista Luna Azul, enero-julio 2015, nro. 40. p. 117-126.

### **3. PROPUESTA PARA EL DEPARTAMENTO DE NARIÑO**

Como se expuso en el capítulo anterior, existen diferentes alternativas que se pueden tener en cuenta para el aprovechamiento de los residuos sólidos y líquidos que resultan del proceso de curtiembre, pero en sí una propuesta de solución no se trata solamente de escoger la mejor propuesta, sino de encontrar una salida viable para los pequeños productores que se ajuste a la visión de la producción, a la economía, al medio ambiente, y a la salud pública.

En el departamento de Nariño la mayoría de las curtiembres son pequeñas y por lo tanto sus tecnologías de procesamiento de residuos son precarias, según López

La industria del cuero en Nariño probablemente sea la más contaminante en términos de descargas sólidas, líquidas al medio ambiente, esto debido a que las pequeñas empresas no solo utilizan proceso de producción artesanal con baja tecnificación, sino que también carecen de infraestructura y de métodos de tratamiento de los residuos generados<sup>78</sup>.

Teniendo en cuenta el alcance de la monografía, la idea de llegar a construir una propuesta para las curtiembres, se tradujo en ofrecer a los productores artesanales un mapeo general de las alternativas productivas que existen para tratar estos Residuos, y cuáles pueden ser viables para su implementación en el gremio.

#### **3.1 LAS ALTERNATIVAS: MATRIZ DE DECISIÓN MULTICRITERIO**

El objetivo final de este trabajo es poder identificar una solución alternativa para la reutilización de los residuos sólidos de la curtiembre, que sea viable para ser implementada en el departamento de Nariño. Para lograrlo, se propuso una metodología de evaluación de alternativas que permite realizar una selección acorde a criterios preestablecidos.

---

<sup>78</sup> LÓPEZ. Op. Cit., p. 16

En el trabajo realizado por Páez<sup>79</sup>, propone la matriz de decisión multicriterio, la cual se puede desarrollar en tres diferentes maneras, acorde a las necesidades del investigador: método de análisis jerárquico, método de ponderación lineal, y el método de utilidad multiatributo. En el primer caso, se trata de establecer un conjunto de criterios y subcriterios que permiten identificar el nivel jerárquico que tiene la alternativa escogida, dentro del conjunto de alternativas posibles. El método de ponderación lineal es el más utilizado, pues consiste en asignar una valoración numérica, para que al final, la suma de los valores pueda arrojar un nivel de ponderación. Finalmente, el último método, se pretende identificar un conjunto de atributos, que se evalúan acorde a su funcionalidad en contextos particulares.

En este caso, se utilizó la ponderación lineal, asignándole valores de 1 a 5, según el grado de viabilidad que se considere, acorde al contexto específico de las curtiembres en el Departamento de Nariño.

En este sentido, se identificaron en la investigación un total de siete metodologías para la reutilización de los residuos sólidos, directamente relacionadas con cada uno de los tipos de residuos que produce la curtiembre; 1. El unche para jabón. 2. Queratina para fertilizantes. 3. Pelo de pelambre para Abonos orgánicos. 4. Retazo de piel para Tripa artificial. 5. Sebo para Biodiesel. 6. Carnaza para Gelatina. 7. Carnaza para Juguetes caninos.

Cada una de estas alternativas, será evaluada acorde a tres criterios que han sido considerados relevantes para el éxito de esta propuesta, y son: viabilidad financiera, viabilidad técnica, y adaptabilidad cultural. La viabilidad financiera hace referencia a la capacidad que tienen los productores artesanales de emprender nuevos proyectos, desde la perspectiva de la disponibilidad de recursos en dinero o en capacidad de endeudamiento con las entidades financieras para el desarrollo de proyectos productivos.

Por su parte, la viabilidad técnica, hace referencia a la capacidad material de emprender proyectos, es decir, si los productores artesanales tienen el conocimiento y los medios de producción como herramientas y locaciones, disponibles. Y finalmente, el nivel de adaptabilidad cultural, hace referencia a la relación que tienen los trabajadores artesanales con los desarrollos tecnológicos,

---

<sup>79</sup> PAEZ, Diana. Análisis para el aprovechamiento energético de residuos agroindustriales del subsector de frutas y verduras en Colombia en torno a los principios del desarrollo sostenible [en línea]. Monografía para optar Título de Especialista en Procesos de Alimentos y Biomateriales. Bogotá. Universidad Nacional Abierta y a Distancia, octubre, 2017. 109 p.

ya que es claro que la razón principal por la cual se retrasan los desarrollos productivos, es por la existencia de patrones culturales resistentes al cambio, que llevan a los productores a preferir siempre las tecnologías y los procesos antiguos, desestimando las ventajas que ofrecen las nuevas tecnologías, tanto para el mejoramiento de las ganancias, como para la calidad del producto, que es en sí la razón principal por la cual el cuero que proviene del departamento de Nariño tiene un renombre especial en el medio de las curtiembres. Los niveles de valoración son los siguientes. Se optó por definir una escala numérica de 1 a 5, en la que 1 equivale a un nivel muy bajo, 2 a un nivel bajo, 3 a un nivel medio, 4 a un nivel alto y 5 a un nivel muy alto. Esto quiere decir lo siguiente en cada caso.

- **Viabilidad técnica:**

En el caso específico de la viabilidad técnica los niveles quieren decir lo siguiente:

Nivel 1 – Muy bajo: No existen locaciones disponibles para desarrollar  
Este proyecto.

Nivel 2 – Bajo: No existe herramientas para el desarrollo de este proyecto.

Nivel 3 – Medio: existen locaciones y herramientas para este proyecto.

Nivel 4 – Alto: existen herramientas, locaciones y conocimiento técnico para el  
desarrollo de este proyecto.

Nivel 5 – Muy alto: existen herramientas, locaciones y conocimiento técnico  
profesional experimentado entre los productores para el desarrollo de  
proyectos.

- **Viabilidad financiera**

Nivel 1 – Muy bajo: No hay dinero ni posibilidad de acceso a créditos para este  
proyecto.

Nivel 2 – Bajo: hay una o varias posibilidades de acceso a créditos para este  
proyecto.

Nivel 3 – Medio: Hay posibilidad de reunir dinero entre la comunidad para este  
proyecto

Nivel 4 – Alto: Existen donantes dispuestos a participar en el proyecto

Nivel 5 – Muy alto: tienen todos los recursos financieros para emprender este

proyecto.

- **Adaptabilidad cultural**

Nivel 1 – Muy bajo: El tipo de alternativa no se relaciona con las practicas Productivas culturales tradicionales de la comunidad.

Nivel 2 – Bajo: el tipo de alternativa ha sido escuchada pero no tiene relación con Las practicas productivas tradicionales.

Nivel 3 – Medio: el tipo de tecnología es reconocida por los productores artesanales, aunque no la practican.

Nivel 4 – Alto: El tipo de tecnología es reconocida y practicada por algunos productores

Nivel 5 – Muy alto: El tipo de tecnología es reconocida y practicada por todos los productores.

Tabla 1. Matriz de Decisión Multicriterio

<b>MATRIZ DE DECISIÓN MULTICRITERIO</b>				
<b>Metodología para reutilización de Residuos de Solidos / Valoración acorde al contexto CONCEPTOS</b>	<b>CRITERIOS</b>			
	<b>Nivel Viabilidad técnica</b>	<b>Nivel Viabilidad financiera</b>	<b>Nivel de Adaptabilidad cultural</b>	<b>Total</b>
Unche para jabón	2	3	4	9
Pelambre para Queratina para fertilizante	3	4	3	10
Pelambre para Abono Orgánico	5	4	4	13
Recorte de piel para tripa artificial	1	1	1	3
Sebo para Biodiesel	1	1	1	3
Carnaza para Gelatina	1	1	1	3
Carnaza para Juguetes Caninos	1	1	1	3
<b>Total</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>44</b>

**Fuente:** Autor

De las siete alternativas posibles, dos resultan ser las más viables de aplicar en el departamento, debido a su alto nivel en la sumatoria. Estos son; la queratina obtenida a partir del pelo de pelambre y el abono orgánico que se obtiene con los lodos del pelo de pelambre. En tercer lugar, se ubica el unche para jabón, ya que no requiere grandes procesos de transformación, pero sí nuevas herramientas y locaciones que necesitan recursos no disponibles por el momento.

Las cuatro opciones restantes, se basan en tecnologías complejas que requieren gran inversión, y un nivel de educación técnica y profesional, que solo los llevaría a tener que contratar personal capacitado para esto, lo cual los distanciaría del negocio, es decir, además de no ser viables en términos financieros y técnicos, el nivel de adaptabilidad cultural nulo.

Desde esta perspectiva, es posible para los productores tomar algunas decisiones en relación con los tipos de producción que podrían resultar beneficiosas para ellos, utilizando los residuos que en la actualidad se perciben como desecho, y que incluso, llegan a generar costos extra en la producción, en los casos en los que se paga transporte para la disposición de los materiales en otros lugares lejos de la curtiembre.

## 4. CONCLUSIONES

Para la obtención del cuero como producto final, listo para ser trabajado por las marroquinerías, se deben realizar varios procesos que van depurando las partes de la piel del animal que no son útiles. De este proceso se deriva el unche, el pelo de pelambre, los recortes de piel cruda, la carnaza, y los residuos líquidos en los que viaja el cromo que puede ser reutilizable en el proceso de la curtiembre.

El unche es la primera capa de grasa que se retira de la piel a través de un proceso sencillo, que por lo general es pasar las pieles por agua hervida hasta lograr su separación. El pelo por su parte, es retirado aplicando a la piel cruda cal y sulfuro de sodio, hasta que se separan en una especie de lodos, denominados lodos de pelambre.

A medida que el recorte se acerca a la piel externa, a la dermis, van apareciendo capas menos grasosas y con más carne, lo que se denomina recortes de piel cruda. Estas partes de la piel se separan con una mezcla de ácidos y bases, como el ácido sulfúrico. De esta forma se dividen las cadenas que contienen elastina, colágeno y queratina.

Luego de estos procesos, los residuos resultan ser de gran utilidad comercial, pues la carnaza, ya es un tipo de piel de baja calidad, que sirve para la industria de guantes, y diferentes dotaciones de trabajo en el agro y en la industria. Con relación a los residuos líquidos, se pudo identificar que el cromo que viaja por este elemento, es recuperable y reutilizable, hecho que conduce a la reducción de costos de sal de cromo comercial.

Dentro de la revisión que se hizo con relación a los estudios nacionales e internacionales, se pudo identificar que el trabajo más representativo realizado en Ecuador, se relaciona con la recuperación de los efluentes del pelambre y el curtido para reutilizar las aguas frescas procesadas. A nivel nacional, el trabajo más representativo, nos invita no solo a tratar los residuos, sino a la creación de un eco parque, en el que se puedan visualizar los diferentes procesos, y además generar un ingreso adicional por el servicio de recreación pedagógica.

Se logró describir las metodologías de transformación de los residuos de la curtiembre y los subproductos que se pueden obtener, los cuales fueron valorados acorde a la metodología de la matriz de decisión multicriterio, obteniendo como resultado las mejores alternativas que se pueden escoger, según el contexto de los productores artesanales, siendo la producción de compostajes, de diferentes tipos, para aprovechar el pelo de pelambre y la queratina, los cuales tienen altos contenidos de nitrógeno y fosforo.

Las opciones restantes que no son viables en cuanto a la valorización de las metodologías, son basadas en tecnologías complejas que requieren gran inversión, y un nivel de educación técnica y profesional, que solo los llevaría a tener que contratar personal capacitado para esto, lo cual los distanciaría del negocio,

De esta forma concluye este trabajo, en el cual se logró establecer a través de una revisión bibliográfica, las alternativas más adecuadas para el contexto de los productores artesanales de las curtiembres en el departamento de Nariño, los cuales requieren, un proyecto que no demande una gran inversión de recursos, sino que también tenga una conexión entre los aspectos técnicos del proyecto, y las practicas productivas.



## BIBLIOGRAFÍA

AATHIKA, Salma, *et al.* Enhanced biohydrogen production from leather fleshing waste co digested with tannery treatment plant sludge using anaerobic hydrogenic batch reactor. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*. 2018, vol 40, nro 5, p. 586-593. Obtenido de, <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15567036.2018.1435754>

ADZET, J. Química técnica de tenería. Barcelona, En: Editorial Romanya. (1985).

AGUAS, Y. OLIVERO, R. MERCADO, I. CURY, K. MARTÍNEZ, B. PARIS, A. Análisis del tratamiento ideal usando baños termotratados para la separación de cal de los residuos de descarte en curtiembres. En *Ing. Usbmed*, vol. 7, no. 1, enero-julio. 2016. Obtenido de, <https://revistas.usb.edu.co/index.php/ingusbmed/article/view/1809/2294>

AINIA, Mejores técnicas disponibles para la industria de aprovechamiento de subproductos de origen animal. Instituto Tecnológico Agroalimentario, España. 2007. Obtenido de, <http://www.prtr-es.es/data/images/la%20industria%20de%20subproductos%20de%20origen%20animal-9ef41af258214363.pdf>

APARICIO, Isabel. Estudio de alternativas de tratamiento en residuos de curtiembres. Tesis de Grado en Ingeniería Química. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Química y Manufacturera, 2002. 93 p. Disponible en: [http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/8288/1/aparicio\\_my.pdf](http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/8288/1/aparicio_my.pdf)

AYALA, Bryan; ADRIANZÉN, Diandra; CHAUPIS, Davis; MOSCOL, Yubipsi y RUFINO, Juan. El proceso productivo de la gelatina como complemento alimenticio a partir de la harina de tocosh de papa en el distrito de Piura. Peru: Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería, 2018. 154 p. Obtenido de, [https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3840/PYT\\_Informe\\_Final\\_Proyecto\\_GELATINA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3840/PYT_Informe_Final_Proyecto_GELATINA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

BARRETO, Silvia. Diseño de calzado urbano. En libro catedra: Nobuko. (2006).

266 p. Obtenido de,  
[https://books.google.com.co/books/about/dise%c3%b1o de calzado urbano.html?id=ykg1ry3neekc&redir\\_esc=y](https://books.google.com.co/books/about/dise%c3%b1o+de+calzado+urbano.html?id=ykg1ry3neekc&redir_esc=y)

BAÑÓN, Elena. Estudio de la pirolisis de piel curtida. Caracterización y reciclado. Alicante, Tesis Doctoral. España. Universidad de Alicante. 2016. 206 p. Obtenido de, [https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/65892/1/tesis\\_banon\\_gil.pdf](https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/65892/1/tesis_banon_gil.pdf)

BAYER, A. Curtir, teñir, acabar. Alemania. Editorial Leverkusen. (1990). Obtenido de, <http://www.worldcat.org/title/curtir-tenir-acabar/oclc/806384931>

BERMEO, Efrén. Reciclaje del baño de pelambre en el remojo de pieles ovinas saladas en la obtención de cuero para vestimenta. Tesis de Grado en Ingeniería en Industria Pecuarias. Riobamba. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias Pecuarias. (2014). 146 p. Obtenido de, <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3824/1/27t0258.pdf>

BEZAMA, Alberto y MARQUÉZ, Fernando. Recuperación de reactivos de los efluentes de curtiembres: experiencias a nivel laboratorio y plantas piloto. En: Producción limpia en la industria de la curtiembre. Universidad Santiago de Compostela. 2007; p 97-112. Obtenido de, <http://www.eula.cl/giba/wp-content/uploads/2017/09/produccion-limpia-en-la-industria-de-curtiembre.pdf>

BLACKWELL, L., & ALLEN, N. 2006. Basurama. Madrid, La Casa Encendida.

CARDONA, Luis. Diseño óptimo del proceso de extracción de grasa a partir del residuo de descarte derivado del proceso de curtiembre. Medellín. En: Lámpagos. No 16, (Julio-diciembre 2016); p. 21-32. Obtenido de, [file:///d:/downloads/dialnet-disenooptimodelprocesodeextracciondegrasaapartirde-6050611%20\(1\).pdf](file:///d:/downloads/dialnet-disenooptimodelprocesodeextracciondegrasaapartirde-6050611%20(1).pdf)

COLAGENO. Hidrolisis de colágeno. {En línea}. {20 enero de 2020} Obtenido de, <https://colageno.win/colageno-hidrolizado/>

COLOMBIA. MINISTERIO DE COMERCIO, INDUSTRIA Y TURISMO. SENA. Diseño e innovación tecnológica aplicados en el proceso de desarrollo del sector artesanal y la ejecución del plan de transferencia. Artesanías de Colombia s.a. centro colombiano de diseño para la artesanía y las pymes. 1 agosto, 2005. 402 p. Obtenido de, <http://cendardspace.metabiblioteca.com:8080/bitstream/001/572/5/d1200614.pdf>

COLOMBIA. SECRETARIA DISTRITAL DE AMBIENTE. (sf). Guía de producción más limpia para el sector curtiembres de Bogotá enfoque en vertimientos y residuos [en línea]. Alcaldía mayor de Bogotá. 70 p. [Consultado: 20 de septiembre del 2019] Obtenido de, <http://www.ambientebogota.gov.co/documents/24732/3987253/gu%c3%ada+de+pr+oducci%c3%b3n+m%c3%a1s+limpia+para+el+sector+curtiembres+de+bogot%c3%a1.+enfoue+en+vertimientos+y+residuos.pdf>

COMES, Enrique. Ribera piel vacuna. Barcelona: Cromogenia units. 2017, 108 p. [Consultado: 25 de agosto del 2018]. Obtenido de, [http://www.cromogenia.com/images/noticias/libro\\_ribera\\_espaa%b1ol\\_baixa.pdf](http://www.cromogenia.com/images/noticias/libro_ribera_espaa%b1ol_baixa.pdf)

CONGRESO DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL AIDIS CHILE [en línea]. (XV: octubre, 2003: Concepción, Chile). Compostaje de residuos sólidos de curtiembre. Memorias del Congreso de Ingeniería Sanitaria y Ambiental Aidis: Sevilla, Chile. 2003. [Consultado: 14 de diciembre del 2018]. Obtenido de, <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/chile15/compos41.pdf>

CONGRESO NACIONAL DE LA SOCIEDAD ARGENTINA DE CIENCIA Y TECNOLOGIA AMBIENTAL [en línea]. En: (II: 1-4, diciembre, 2015: Buenos Aires, Argentina). Memorias del Congreso enfoques interdisciplinarios para la sustentabilidad del ambiente. Buenos Aires: Sacyta, 2015. 716 p. [Consultado: 15 de agosto del 2018]. Obtenido de, [https://www.researchgate.net/profile/maria\\_dos\\_santos\\_afonso2/publication/287205151\\_enfoques\\_interdisciplinarios\\_para\\_la\\_sustentabilidad\\_ambiental/links/56730a8e08aee7a427436c5a/enfoques-interdisciplinarios-para-la-sustentabilidad-ambiental.pdf](https://www.researchgate.net/profile/maria_dos_santos_afonso2/publication/287205151_enfoques_interdisciplinarios_para_la_sustentabilidad_ambiental/links/56730a8e08aee7a427436c5a/enfoques-interdisciplinarios-para-la-sustentabilidad-ambiental.pdf)

CORREDOR, Jorge. El residuo líquido de las curtiembres estudio de caso: cuenca alta del río Bogotá. Colombia. En: Ciencia e ingeniería neogranadina. Universidad Militar Nueva Granada, (agosto-diciembre 2006), vol. 16, nro. 2, p. 14-28. Obtenido de, <http://www.redalyc.org/pdf/911/91116203.pdf>

DÍAZ, Andrea; JIMÉNEZ, Juliana; PÉREZ, Mónica y NARVÁEZ, Paulo. Planteamiento y evaluación de las aplicaciones de los productos obtenidos en la hidrólisis alcalina de las virutas de cromo generadas durante el procesamiento del cuero. En: Ingeniería e investigación [en línea]. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, diciembre 2006. Vol. 26, nro 3, p 50-57. Obtenido de, <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=64326307>

FLORES, Hugo, RETAMAR, Juan, ORUÉ, Silvia, LACOSTE, Albano y PREZ, Lucas. Virutas de cuero obtención de un adhesivo como sustituto de materiales ureicos [en línea]. Santa fe, Argentina: Universidad Nacional del Litoral, 2002. 11p. Obtenido de, [http://www.aaiq.org.ar/scongresos/docs/04\\_025/papers/07e/07e\\_1431\\_681.pdf](http://www.aaiq.org.ar/scongresos/docs/04_025/papers/07e/07e_1431_681.pdf)

FORERO, Carlos; MÉNDEZ, Jennifer y SIERRA, Fabio. Mejoramiento energético de residuos sólidos de cuero curtido mediante tratamiento térmico. En: Ingeniería y desarrollo [en línea]. Bogotá. Universidad del Norte. (enero-junio. 2015); vol. 33, nro 1, p. 1-17. Obtenido de, <http://rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/ingenieria/article/view/5353/6698>

FUNDACIÓN NATURA. **Industria de cueros a base de sales de cromo, con agentes vegetales.** Fundación Natura. Potencial impacto ambiental de las industrias. Ecuador: de repidisca base de datos. 1991. Obtenido de, <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/03/PART2.pdf>

GANSSEER, Gustavo. Manual del curtidor [en línea]. 4ta. Edición. Barcelona-España: Editorial Gustavo Gili S.A, ampliada. 1953. 517 p. [Consultado el 10 de diciembre de 2018]. Obtenido de, [https://books.google.com.co/books/about/Manual\\_del\\_curtidor.html?id=9ze5nQEA\\_CAAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.com.co/books/about/Manual_del_curtidor.html?id=9ze5nQEA_CAAJ&redir_esc=y)

GERHARD, John. Posibles fallas en el cuero y su producción [en línea]. Alemania. 1998. 378 p. [Consultado el 15 de julio de mayo 2019]. Obtenido de, [https://books.google.com.co/books/about/posibles\\_fallas\\_en\\_el\\_cuero\\_y\\_en\\_su\\_prod.html?id=dmdfaaaacaaj&redir\\_esc=y](https://books.google.com.co/books/about/posibles_fallas_en_el_cuero_y_en_su_prod.html?id=dmdfaaaacaaj&redir_esc=y)

GONZÁLEZ, Ana. El proceso del curtido [blog]. Hipertexto del Área de la Biología. Argentina: Universidad Nacional del Nordeste. 2007. [Consultado 20 de mayo del 2018]. Obtenido de, [http://www.biologia.edu.ar/tesis/forcillo/proceso\\_de\\_curtido.htm](http://www.biologia.edu.ar/tesis/forcillo/proceso_de_curtido.htm)

GONZÁLEZ, María. Valor nutricional de subproductos de piel e identificación de aminoácidos [en línea]. Tesis de magister. Monterrey. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ciencias Biológicas División de Estudios de Post-Grado, 1998. 134 p. [Consultado 16 de enero del 2018]. Obtenido de, <http://eprints.uanl.mx/6027/1/1080087117.pdf>

GRATACOS, E. Tecnología química del cuero. Tipografía Emporio. Barcelona-  
españa. 1962.

GREENPEACE. Cueros tóxicos. Nuevas evidencias de contaminación de  
curtiembres en la cuenca matanza riachuelo. Informe de la ONG Green Peace,  
Argentina. 2012. 27 p. [Consultado: 28 de febrero del 2019]. Obtenido de,  
[http://www.dpn.gob.ar/documentos/20160517\\_30814\\_556734.pdf](http://www.dpn.gob.ar/documentos/20160517_30814_556734.pdf)

GUERRERO, Jhonier y MONSALVE, Javier. Evaluación del compostaje de  
subproductos derivados del sacrificio y faenado del ganado [en línea]. En:  
Scientia et technical. Pereira: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Pereira,  
mayo. 2007, nro. 34. Obtenido de,  
[https://www.researchgate.net/publication/26544356\\_evaluacion\\_del\\_compostaje\\_d  
e\\_subproductos\\_derivados\\_del\\_sacrificio\\_y\\_faenado\\_del\\_ganado](https://www.researchgate.net/publication/26544356_evaluacion_del_compostaje_de_subproductos_derivados_del_sacrificio_y_faenado_del_ganado)

GUZMAN, Katherine y LUJAN, Marcos. Reducción de emisiones de la etapa de  
pelambre en el proceso de curtido de pieles. En: Acta nova [en línea]. Perú:  
Universidad Católica Boliviana San Pablo, (4 de diciembre 2010). vol 4, nro 4. 29  
p. [Consultado: 10 de marzo de 2019]. Obtenido de,  
<http://www.scielo.org.bo/pdf/ran/v4n4/v4n4a02.pdf>

HUA, Jing; XIAOA, Zuobing; ZHOUA, Rujun; DENG, Wijun. WANGA, Mingxi. MAA,  
Shuangshuang.. Ecological utilization of leather tannery waste with circular  
economy model. En: Sience direct [en línea], january–february, 2001, vol. 19. p.  
221-228. [Consultado: 24 de febrero de 2020]. Obtenido de,  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652610003744>

INEXMODA. Informe del sector calzado y marroquinería [en línea]. La República,  
junio, 2019. 23 p. [Consultado: 6 de octubre de 2019]. Obtenido de,  
[https://imgcdn.larepublica.co/cms/2019/07/05201426/Informe Especial Calzado y  
Marroquineri%CC%81a - Jun 2019.pdf](https://imgcdn.larepublica.co/cms/2019/07/05201426/Informe_Especial_Calzado_y_Marroquineri%CC%81a_-_Jun_2019.pdf)

JUSTIANOVICH, Sergio y BERNATENE, María. Cadena del cuero: la urgencia de  
una plataforma de sustentabilidad colectiva. Gestión de diseño, grietas del sistema  
y redistribución del poder [en línea]. Argentina. (2010). 8 p. [Consultado: 14 de  
diciembre del 2018]. Obtenido de,  
[http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/39235/documento\\_completo.pdf?s  
equence=1&isallowed=y](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/39235/documento_completo.pdf?s_equence=1&isallowed=y)

LACERRA, Alberto. Curtición de cueros y pieles. Buenos Aires-Argentina. Editorial Albatros Saci. 1988.

LOFRANO, Giusy; MERIB, Sureyya; ZENGINC, Gulsum y ORHONC, Derin. Chemical and biological treatment technologies for leather tannery chemicals and wastewaters: A review. En: ScienceDirect [en línea]. 1 september. 2013. vol. 461–462. p. 265-281. [Consultado: 20 de mayo de 2019]. Obtenido de, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969713005470?via%3Dihub>

LÓPEZ, Estefanía. Reducción de cromo en estado de oxidación (6+) y generación de energía eléctrica en una celda de combustible (ccm) de biocátodo [en línea]. Trabajo de grado para optar el Título de Químico. San Juan de Pasto, Nariño. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, 2014. 71 p. Obtenido de, <http://biblioteca.udenar.edu.co:8085/atenea/biblioteca/90680.pdf>

LORBER, Karl. *et. Al.* Compostaje de residuos sólidos de curtiembre [en línea]. (2003).

LORDER, Karl. Tratamiento térmico de residuos sólidos de la industria de curtiembre: empleo de virutas de piel húmedas en la industria de fabricación de ladrillos. En; Producción limpia en la industria de la curtiembre. Universidad Santiago de Compostela. 2007; p 305-320 Obtenido de, <http://www.eula.cl/giba/wp-content/uploads/2017/09/produccion-limpia-en-la-industria-de-curtiembre.pdf>

MARTINEZ, Sandra y ROMERO, Jonathan. Revisión del estado actual de la industria de las curtiembres en sus procesos y productos: un análisis de su competitividad. En: Revista de la Facultad de Ciencias Económica: Investigación y Reflexión [en línea]. Fundación universitaria Los Libertadores, junio 2016. Vol. XXVI (1). 12 p. [Consultado: 12 de mayo del 2018]. Obtenido de, <http://www.scielo.org.co/pdf/rfce/v26n1/0121-6805-rfce-26-01-00113.pdf>

MUÑOZ, Marcelo y HIDALGO, Daniel. Estudios de reciclaje de los efluentes de pelambre y curtido de una curtiembre. En; Producción limpia en la industria de la curtiembre. Universidad Santiago de Compostela. 2007; p 127-140. Obtenido de, <http://www.eula.cl/giba/wp-content/uploads/2017/09/produccion-limpia-en-la-industria-de-curtiembre.pdf4>

NUMPAQUE, Ruth y VITERI, Silvio. Biotransformación del pelo residual de curtiembres. En: Revista de ciencias agrícolas [en línea], 2016. vol. 2, nro.33, p. 95-105. [Consultado: 13 de septiembre del 2019]. Obtenido de, <http://www.scielo.org.co/pdf/rcia/v33n2/v33n2a09.pdf>

OJEDA Diego. La industria del cuero en Colombia no pasa por su mejor momento digital [en línea]. En: El espectador. Bogotá, enero 30 de 2018. [Consultado: 8 de febrero 2018]. Obtenido de, <https://www.elespectador.com/economia/la-industria-del-cuero-no-pasa-por-su-mejor-momento-articulo-736291>

ORDOÑEZ, Amanda. Diseño y desarrollo de producto, reutilización de retazos de cuero y materiales sintéticos de la industria marroquinera (fragmento diseño). Tesis de grado en Diseño Industrial. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Arquitectura y Diseño, 2012. 139 p. Obtenido de, [https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/13868/ordonezargotea\\_mandamarcela2012.pdf?sequence=1&isallowed=y](https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/13868/ordonezargotea_mandamarcela2012.pdf?sequence=1&isallowed=y)

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. Perspectivas a plazo medio de los productos agrícolas. Cueros y pieles. Roma. FAO, 2004. Obtenido de, <http://www.fao.org/docrep/007/y5143s/y5143s18.htm>

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE PATENTE INTELECTUAL. *procedimiento para obtener tripa artificial para embutición de productos alimenticios, tripa artificial y productos así obtenidos*. [en línea]. Inventor: García, Ion y Longo, Carlos. Fecha de solicitud: 3, mayo, 2012. Estados Unidos de America, Solicitud de patente wo2012/056080a1. [Consultado: 24 de junio del 2019]. obtenido de, <https://patentimages.storage.googleapis.com/41/ec/dd/91a3dba6e819a9/wo2012056080a1.pdf>

ORTIZ, Manuel y LÓPEZ, Richard. Caracterización socioeconómica de la comunidad artesanal de Nariño, Colombia. En: Revista Lecturas de Economía [en línea]. Pasto, Colombia, enero-junio de 2015. vol. 82. p. 247-281. [Consultado: 20 de noviembre del 2018]. Obtenido de, <http://www.scielo.org.co/pdf/le/n82/n82a8.pdf>

ORTIZ, Nidia y CARMONA, Juan. Aprovechamiento de cromo eliminado de aguas residuales de curtiembres –san Benito, Bogotá: Mediante tratamiento con sulfato de sodio [en línea]. En: Revista Luna Azul, enero-julio 2015, nro. 40. p. 117-126.

[Consultado: 15 de marzo del 2018]. obtenido de, <http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n40/n40a09.pdf>

ORTIZ, Pamela. Aprovechamiento del desperdicio de la carnaza bovina en el área de producción orientado a obtener un nuevo producto. caso agrocueros s.a. Ecuador. En Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Escuela de administración de empresas. 2017. [Consultado: 18 de noviembre del 2018]. Obtenido de, <http://repositorio.pucesa.edu.ec/bitstream/123456789/1886/1/76389.pdf>

ORTIZ, Vicente y MARTINEZ, Luis. Obtención de gelatina a partir de residuos de curtiembres. Popayán, Trabajo de grado (Ingeniero Agroindustrial) Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 2009, 81 p.

PAEZ, Diana. Análisis para el aprovechamiento energético de residuos agroindustriales del subsector de frutas y verduras en Colombia en torno a los principios del desarrollo sostenible [en línea]. Monografía para optar Título de Especialista en Procesos de Alimentos y Biomateriales. Bogotá. Universidad Nacional Abierta y a Distancia, octubre, 2017. 109 p. Obtenido de, [researchgate.net/publication/327003621\\_Aprovechamiento\\_de\\_residuos\\_agroindustriales\\_en\\_Colombia](https://researchgate.net/publication/327003621_Aprovechamiento_de_residuos_agroindustriales_en_Colombia)

PALACIO, Fernando. Diseño óptimo del proceso de extracción de grasa a partir del residuo de descarte derivado del proceso de curtiembre [en línea]. En: Revista de Ingeniería Lampsakos. Medellín. Universidad Católica Luis Amigo, julio-diciembre de 2016, nro. 16. p, 21-32. [Consultado: 13 de mayo del 2019]. Obtenido de, <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6050611.pdf> ISSN 2145-4086

PORTAL DEL CUERO, BIBLIOTECA. Elaboración de gelatinas [sitio web]. Argentina; En: Cueronet, 2018 Consultado: 15 de marzo de 2019]. 95 p. Obtenido de, <http://www.cueronet.com/tecnica/gelatinas.htm>

QUIMINET.COM. Cómo se obtiene el colágeno hidrolizado [en línea]. 29 noviembre del 2011. [Consultado: 19 de abril del 2018]. Obtenido de, <https://www.quiminet.com/articulos/como-se-obtiene-el-colageno-hidrolizado-2642682.htm>



RAMÍREZ, Ángela. Reutilización de retales de cuero para la elaboración de una línea de productos de marroquinería” [en línea]. Trabajo de Grado de Diseñador Industrial. Pereira. Universidad Católica Popular del Risaralda. Facultad de Arquitectura y Diseño. Programa de Diseño Industrial, 2009. [Consultado: 30 de agosto del 2019]. recuperado de <http://repositorio.ucp.edu.co:8080/jspui/bitstream/10785/422/1/completo.pdf>

RODDY, William y LOLLAR, Robert. The chemistry and technology of leather. World leather. 7 ed. Reinhold book. August-september, 1990. 495 p. vol # 4. Obtenido de, [https://books.google.com.co/books?id=41cfaaaaiaaj&source=gbs\\_book\\_other\\_versions](https://books.google.com.co/books?id=41cfaaaaiaaj&source=gbs_book_other_versions)

ROJAS, Franklin. Estudio económico-financiero de las grasas extraídas del residuo de descarte “unche” derivado del proceso de curtación en el municipio de villa pinzón/Cundinamarca [en línea]. Tesis de magister. Bogotá: Universidad nacional de Colombia. Facultad de Agronomía. 2010. 140p. [Consultado: 15 de diciembre del 2018]. Obtenido de, <http://bdigital.unal.edu.co/3052/1/790655.2010.pdf>

SÁNCHEZ, Lizeth y RAMÍREZ, Juan. Propuesta del parque ecoeficiente industrial del cuero: como elemento urbano que contribuye a la disminución de vertimientos causados por los procesos industriales de las curtiembres en los municipios de Villapinzón y Chocontá Cundinamarca. [en línea]. Trabajo de Grado en Especialización en Gestión Ambiental Urbana. Universidad Piloto de Colombia. Facultad de Ciencias Ambientales [en línea]. (2016). 108 p. [Consultado: 7 mayo del 2018]. Disponible en: Repositorio Universidad Piloto, <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/3208?show=full>

SANTACRUZ, David. Alternativas a objetos comunes de la marroquinería en Nariño [en línea]. Trabajo de Grado Diseñador Gráfico. San Juan de Pasto: Universidad de Nariño. Facultad de Artes. Diseño Industrial. 2013. 129 p. [Consultado: 12 de agosto del 2018]. Obtenido de, <http://biblioteca.udenar.edu.co:8085/atenea/biblioteca/89878.pdf>

SANTOS, Cantera y BÉRTOLA, Enrique. Valorización de residuos sólidos en la industria del cuero hidrólisis de las virutas de cromo aplicación del hidrolizado de colágeno [en línea]. Lima. 1999. [Consultado: 16 de mayo del 2018]. Obtenido de, <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd26/cuero.pdf>

Sector del cuero quiere recuperarse en el 2020 [en línea]. En: El Colombiano. Antioquia, enero 27 de 2020. [Consultado: 16 de febrero de 2020]. Obtenido de, <https://www.elcolombiano.com/negocios/economia/sector-del-cuero-quiere-recuperarse-en-el-2020-CE12347894>

SENAI. Noções básicas de ribeira, curtimento e recurtimento. Escola de curtimento. 3era Edición. Brasil. 1989. vademécum Escola para el técnico en curtición base.

SILVA, Diana. Diseño de sistema de producción más limpia en la curtiembre "louane cueros s.a.s. [en línea]. Tesis Ingeniero Industrial. Bogotá: Fundación universitaria Los Libertadores. Facultad de Ingenierías. Programa de Ingeniería Industrial, septiembre 2016. 44 p. [Consultado: 10 de marzo del 2018]. Obtenido de, <https://repository.libertadores.edu.co/bitstream/handle/11371/714/silvahern%c3%a1ndezdianamaribel.pdf?sequence=2&isallowed=y>

SMIECHOWSKIA, Krzysztof y LAMENTB, Marzanna. Impact of corporate social responsibility (csr) reporting on pro-ecological actions of tanneries. En: Science direct [en línea], 10 september 2017, vol 161, p. 991-999. [Consultado: 20 de mayo del 2018]. Obtenido de, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652617310442>

SUAREZ, Nathaly. Viabilidad de la implementación de reactores de tratamiento del proceso de curtido en la localidad sexta (tunjuelito) de Bogotá mediante la política pública usando dinámica de sistemas [en línea]. Trabajo de Grado Ingeniero Industrial. Bogotá: Universidad Distrital de Colombia. Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería Industrial, 2015. 201 p. [Consultado: 18 de mayo del 2018]. Obtenido de, <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/3027/1/Su%C3%A1rezCalder%C3%B3nNathaly2015.pdf>

STRYER, Luberte. Bioquímica [en línea]. 2da.edición. Barcelona. Editorial Reverté S.A. 2003. 862 p. [Consultado: 15 de mayo del 2018]. Obtenido de, <http://www.iib.unsam.edu.ar/archivos/docencia/licenciatura/biotecnologia/2017/quimicabiol/1488567239.pdf>

SZUBA, Agnieszka y LORENC, Gabriela. Field proteomics of populus alba grown in a heavily modified environment – an example of a tannery waste landfill [en línea]. En: Revista Science of the total Environ. 2018, p 1557-1571. [Consultado:

19 de julio del 2019]. Obtenido de, disponible en:  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28712470>

TEGTMEYER, Dietrich. y KLEBAN, Martin. Investigación sobre cromo y cuero, un enfoque equilibrado de hechos y datos científico [blog]. Leder piel. 17 de marzo de 2014. [Consultado 22 de marzo del 2018]. Obtenido de ,  
<http://lederpiel.com/investigacion-sobre-cromo-y-cuero/>

TEJEDA, Candelaria y TEJEDA, Lesly. Obtención de biodiesel a partir de diferentes tipos de grasa residual de origen animal. En: Revista Luna Azul [en línea]. Caldas: Universidad de Caldas, enero-julio 2013, nro. 36, p. 10-25. [Consultado: 13 de abril del 2018]. Obtenido de,  
<http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n36/n36a02.pdf>

TEJERINA, Walter; LIBERAL, Viviana; IRIBARNEGARAY, Martin. y SEGHEZZO, Lucas. Evaluación de la estabilidad de los lodos de las lagunas de estabilización de la zona norte de la ciudad de Salta [en línea]. En: Revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Argentina: Instituto de Investigaciones en Energía No Convencional. 08 de octubre, 2013, Vol. 17, p. 01.29-01.34. [Consultado: 15 de marzo del 2018]. Obtenido de,  
<http://actas.asades.org.ar/index.php/asades/asades2013/paper/viewFile/1081/122>  
[ISBN 978-987-29873-0-5](http://actas.asades.org.ar/index.php/asades/asades2013/paper/viewFile/1081/122)

TRASGALLO, Alejandra. Manual de defectos en cuero. México: Leon, Gto: Centro de investigación y asistencia tecnológica del estado de Guanajuato. 1991, 273 p. ISBN: 9686162313 9789686162318

VEGA, Luisiana, *et al.* Aplicación de residuos sólidos hidrolizados del proceso de pelambre enzimático como fuente de aminoácidos libres en el crecimiento de plántulas de maíz [en línea]. En: Revista de Ingeniería de la Usil. Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina. 2014, vol 1, nro. 2, p. 22-23. [Consultado: 25 de mayo del 2018]. Obtenido de,  
<https://core.ac.uk/download/pdf/143615428.pdf>

VEGA, Luisiana. Reaprovechamiento del residuo queratinoso del proceso de pelambre como fuente de aminoácidos por hidrólisis alcalina o hidróxido de calcio [en línea]. Tesis Ingeniero Ambiental. Lima: Universidad Nacional Agraria, La Molina. Facultad de Ciencias. 2014. 116 p. [Consultado: 18 de abril del 2018] Obtenido de, <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/unalm/1901>

VELÁSQUEZ, Sandra; GIRALDO, Diego y CARDONA, Natalia. Reciclaje de residuos de cuero: una revisión de estudios experimentales [en línea]. En: *Revista Sena*. 2015, vol. 79, nro. 2, p. 188-198. [Consultado: 16 de junio del 2018]. Obtenido de, [revistas.sena.edu.co/index.php/inf\\_tec/article/download/163/186](http://revistas.sena.edu.co/index.php/inf_tec/article/download/163/186)