

Fuquene Yate Diana Marcela¹, Calle Páez Leonardo Emilio², Manrique Perdomo Jorge Orlando³, Colciencias⁴, Proyecto Switch⁵
Maarten Siebe⁵, Monica Sanz⁵

¹ Investigador. Candidato a Msc Ingeniería Ambiental Universidad Nacional de Colombia

² Director del proyecto. MSc Ingeniería Ambiental, Ingeniero Químico, Docente Universidad Nacional de Colombia

³ Asesor del proyecto. Especialista Ingeniería Ambiental, Ingeniero Químico, Docente Universidad Nacional de Colombia

⁴ Entidad financiadora en el marco del proyecto de investigación Colciencias Villapinzón "Producción más limpia, asociatividad y desarrollo de alternativas de manejo y aprovechamiento de residuos sólidos"

⁵ Institute for Water Education UNESCO-IHE de Holanda

RESUMEN:

Se determinaron y cuantificaron los parámetros de calidad de la etapa de pelambre y con base en esos resultados se evaluó el efecto de las recirculaciones de los licores de pelambre, obtenidos mediante un proceso de pelambre mixto (sulfuro + enzimas) y sin sulfuro; se estableció que en función de la formulación del proceso y el sistema de remoción de contaminantes implementado, es viable recircular el agua hasta tres veces sin deteriorar la calidad de la piel apelambrada para el pelambre mixto mientras que sin sulfuro solo permite una recirculación.

PALABRAS CLAVES:

Industria del cuero – Pelambre – Recirculación – Remanencia – Usos del agua.

ABSTRACT:

In the development of this project were determined and measured quality parameters of liming stage and based on these results was evaluated the effect of recirculation liquors fur (mixed = define what is mixed and sulfur free), establishing that according to the formulation of process and pollutant removal system in place, water can be recycled until three times without damage the quality of limed hides for fur mixed while without sulfur only allows one recirculation.

KEYWORDS:

Tanning industry – Liming – Recirculation – Remanence – Water uses.

INTRODUCCIÓN:

Existen variaciones en todos los procesos de fabricación que afectan la calidad final de los productos; en el caso de la industria del cuero al trabajar con materias primas y productos químicos de diversas procedencias y calidades, estas variaciones son más frecuentes. De ahí nace la necesidad del control de calidad para reducir al mínimo estas variaciones y obtener en el producto final los resultados deseados. En este tipo de industrias, la calidad del cuero depende de la experiencia empírica de los operarios, por lo que es importante establecer normas y criterios cuantitativos, que permitan la definición de la calidad del cuero curtido¹.

En general los curtidores (para el alcance de este estudio los de Villapinzón) hacen pruebas de calidad al cuero después de curtido. En los procesos intermedios no se relaciona ningún tipo de medición numérica de calidad del proceso, de tal forma que si hay algún defecto no se tenga certeza en la etapa que se generó.

En los estudios realizados por el Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles – CPTS se ha detectado que una de las etapas del proceso de transformación de la piel al cuero, que mayor impacto tiene sobre el recurso hídrico es la de pelambre. Se ha elegido este proceso para el estudio porque es uno de los que emplea un gran volumen de agua y la descarga de sus efluentes representa el mayor aporte de carga orgánica, presencia de sulfuro, cal y un pH elevado².

Una opción de producción más limpia es la reutilización de licores de pelambre que se ha venido trabajando en algunas curtiembres de Villapinzón, donde se ha reciclado el agua sin ningún tratamiento previo hasta por un lapso de seis meses³, pero las curtiembres que trabajan cuero tipo exportación refutan esta técnica porque aseguran que la calidad del cuero final no es la adecuada.

En Ecuador se desarrolló el proyecto INCO-DC⁴ en el cual se propuso un plan de manejo integral de aguas residuales, que incluye la segregación, depuración y reutilización de efluentes específicos. El reciclaje de los efluentes de pelambre se basa en el acondicionamiento con adición de agua y químicos. Se realizaron pruebas

iniciales con 240% de agua reciclada y 60% de agua fresca, que dejó como resultado una piel insuficientemente depilada (se encontró pelos en el 20% de la superficie de la piel).

Para aumentar la calidad del proceso, se encontró necesario incrementar la concentración inicial de químicos en el licor de pelambre, disminuir el porcentaje de agua reciclada a 160% y el porcentaje de agua fresca a 40% y, con estos cambios el cuero obtenido tiene las siguientes características:

- Soltura, la cual se evidencia por tener una superficie bien definida,
- Llenura, pero no excesivo hinchamiento de la piel,
- La piel apelambrada no presenta ninguna mancha,
- Los procesos de pelambre fueron muy efectivos, no se encontró residuos de pelo.

Como se puede observar en los resultados no existe ninguna norma, ni criterio establecido para cuantificar la calidad del cuero apelambrado obtenido, estos resultados se basan en la interpretación del operario.

Con este trabajo de investigación se pretenden establecer los parámetros de control de calidad en la etapa de pelambre con el fin de optimizar el uso del agua en el proceso de pelambre.

MATERIALES Y METODOS:

Con el fin de establecer la relación entre las variables de calidad del proceso de pelambre y el efecto de las recirculaciones, se procede a determinar y cuantificar mediante la experiencia de los curtidores expertos de la zona de Villapinzón, los parámetros de control de calidad más relevantes del proceso de pelambre para obtener cueros tipo exportación. Se trabajan pieles vacunas saladas, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- 1) Los procesos de pelambre a comparar son:
 - Pelambre Químico (con Sulfuro).
 - Pelambre Enzimático.
 - Pelambre Mixto (Mezcla entre el pelambre químico y el enzimático).
 - Pelambre Sin Sulfuro (con DEPILAMIN GS).

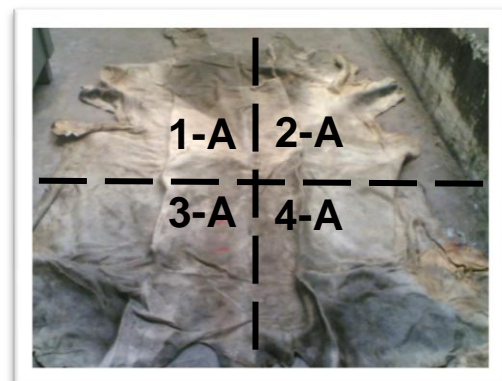
Se comparan estos procesos debido a que son técnicas de producción más limpia que manejan formulaciones sin destrucción de pelo.

- 2) Se apelambran dos pieles distintas divididas en cuatro partes, tal como se indica en la Figuras 1, con el fin de disminuir las interferencias⁵ y poder comparar el efecto de los procesos de pelambre a evaluar.

- 3) Antes de realizar el pelambre, las pieles saladas se deben lavar para removerles la sal y los residuos de sangre, tierra y estiércol, y se deben pasar por un proceso de remojo cuyo objetivo es devolverle a la piel la humedad perdida, mediante la adición de productos químicos como tensoactivos.

Después del proceso de remojo se lavan y escurren bien las pieles, hasta que los Grados Baumé⁶ (°Bé) se encuentran entre 1,0 y 2,0 para poder empezar el proceso de pelambre.

Figura 1. División de una piel cruda



(ITALCUR. 2010)

- 4) En la Tabla 1, se muestran las formulaciones recomendadas por las casas químicas que proveen los insumos para la industria de curtiembres en la zona de Villapinzón.

Tabla 1. Formulaciones de los pelambres a evaluar

Reactivo Químico	Tipo de pelambre			
	Químico *	Enzimático*	Mixto*	Sin sulfuro**
Antiarruga	0,5%	0,4%	0,4%	-
Koramín EKO	-	-	-	0,25%
Genecol Lime-G	-	0,0030%	0,0025%	-
Depilamin GS	-	-	-	1,8%
Cal	6,0%	8,0%	6,0%	3,8%
Sulfuro de Sodio	2,2%	-	1,2%	-
Agua	100%	100%	100%	100%
Soda Cáustica	0,15%	0,15%	0,15%	-

(*TECUR LTDA – **PROCUR S.A. 2010)

- 5) Para establecer la cuantificación de las características de calidad de la piel apelmbrada se utilizan los siguientes materiales: una lupa 12X, un calibrador y dos mallas de referencia como las que se observan en las Figuras 2 y 3.

Figura 2. Malla 1 (60cmx60cm)

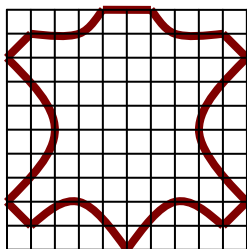
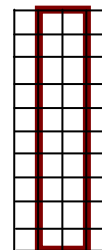


Figura 3. Malla 2 (6cmx60cm)



PROCEDIMIENTO:

1. *Determinación de los parámetros de control de calidad:* Para establecer los parámetros de control de calidad de la piel más relevantes en el pelambre se acude a la experiencia de los curtidores de Villapinzón, aprovechando los conocimientos que poseen las curtiembres que fabrican cueros tipo exportación y que manejan altos grados de exigencia de calidad en sus productos finales, estableciendo los siguientes:

Cantidad de pelo o raíz de pelo en la piel: Medición visual

Con la ayuda de una malla de referencia se mide el área que posee la permanencia de pelo o de raíces (repelo) en la piel apelmbrada, obteniendo la cantidad de pelo en porcentaje.

Calibre de la piel: Medición física

Antes y después del proceso de pelambre, se mide con la ayuda de un calibrador el ancho (centímetros) que posee la piel apelmbrada, obteniendo el porcentaje de hinchazón ocurrido durante el proceso de pelambre. Para realizar estas mediciones se debe escoger siempre la misma zona a medir antes y después del apelmbrado, ya que algunas zonas se hinchan más que otras.

Cantidad de arrugas cerradas en la piel: Medición visual

Después del proceso de pelambre se cuenta la cantidad de arrugas cerradas en la piel apelmbrada, con la ayuda de una lupa 12X. Una arruga cerrada se identifica por estar muy profunda y pronunciada, lo que impide la acción de los productos químicos en las otras etapas productivas; las arrugas cerradas son muy frecuentes en pieles de reses vacunas con edades avanzadas, debido a que la cantidad de colágeno varía poco con la edad de los animales pero el grado de reticulación aumenta con la edad, es decir que disminuye la solubilidad de los agentes químicos.

División de la epidermis: Medición física

Se mide con la ayuda de una malla de referencia el área que posee la epidermis de la piel apelmbrada y se compara con el área total de la piel apelmbrada, obteniendo el porcentaje de remoción de la epidermis.

En las pieles apelmbradas la epidermis se evidencia como una mancha negra, tal como se muestra en la Figura 4, lo que indica que la división de la epidermis no fue completa.

Figura 4. Piel apelmbrada con rastros de epidermis.

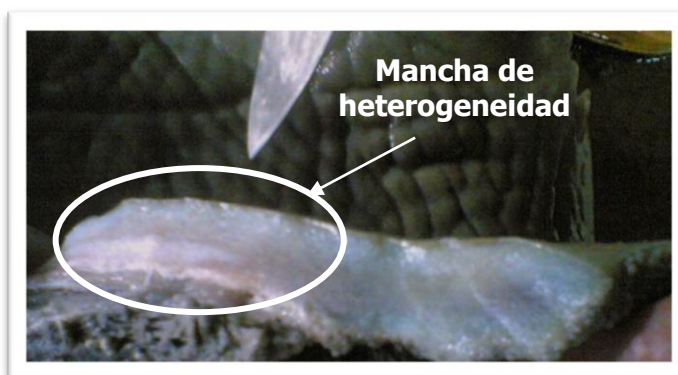


(ITALCUR. 2010)

Homogeneidad en el color interno de la piel: Medición física

Después del proceso de pelambre, se realiza un corte transversal a la piel, tal como se muestra en la Figura 5, y se mide al área de las manchas blancas con la ayuda de una malla de referencia y se compara con el área del ancho de la piel apelmbrada, obteniendo el porcentaje de homogeneidad.

Figura 5. Piel apelmbrada con muestras de heterogeneidad



(ITALCUR. 2010. Zoom digital de 8x)

RESULTADOS:

1. *Cuantificación de los parámetros:* En la Tabla 2 se muestra la cuantificación de los parámetros de control de calidad:

Tabla 2. Cuantificación de los parámetros de control de calidad.

Parámetro de calidad	Excelente	Bueno	Regular	Irregular	Muy irregular
Cantidad de pelo o raíz de pelo	0%	1% - 3%	4% - 6%	7% - 9%	>10%
División de la epidermis	100%	99% - 90%	89% - 80%	79% - 70%	<69%
Calibre de la piel (SALADA)	150%	149% - 130%	129% - 110%	109% - 90%	<89%
Cantidad de arrugas cerradas	0	1	2	3	>4
Homogeneidad en el color	100%	99% - 90%	89% - 80%	79% - 70%	<69%

2. *Efecto del tipo de pelambre:* Para establecer el efecto que tienen las recirculaciones de las aguas de pelambre en los parámetros de control, se contrastan los resultados obtenidos en cada pelambre evaluado con la cuantificación establecida en la Tabla 2, para lo cual se obtuvieron los resultados publicados en la Tabla 3.

Tabla 3. Resultados de calidad de la piel apelmbrada.

Parámetro de calidad del cuero	Tipo de pelambre			
	Químico	Enzimático	Mixto	Sin Sulfuro
Cantidad de pelo o raíz de pelo	Excelente 0	Pésimo >10	Excelente 0	Excelente 0
División de la epidermis	Bueno 98%	Malo 75%	Bueno 97%	Bueno 97%
Calibre de la piel salada	Bueno 135%	Bueno 130%	Bueno 146%	Bueno 147%
Cantidad de arrugas cerradas	Excelente 0	Bueno 1	Excelente 0	Excelente 0
Homogeneidad en el color interno	Excelente 100%	Regular 85%	Bueno 99%	Excelente 100%

2. *Efecto de las recirculaciones en los vertimientos:* Los resultados de los vertimientos generados en cada uno de los procesos de pelambre son comparados con la normatividad vigente⁷ de vertimientos en la zona de Villapinzón y se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Resultados de análisis de agua de interés sanitario para la CAR

Resultados	Decreto 1594/84	P. Enzimático	P. Mixto	P. Químico	P. Sin Sulfuro
DBO ₅ , mg/L O ₂	Remoción 20%	9.225	6.315	15.355	7.500
G y A*, mg/L	Remoción 80%	230	298	458	511
SST, mg/L	Remoción 50%	9.520	3.990	5.740	5.160
pH, Unidades	5.0 – 9.0	12,1	12,2	12,1	6,5

G y A*: Grasas y Aceites

En la Tabla 5 se presenta el complemento de los resultados de los análisis de interés sanitario para la CAR, que se midieron con el fin de establecer los requerimientos de tratamiento necesarios para reutilizar el agua en el proceso de pelambre.

Tabla 5. Resultados de análisis de agua

Resultados	P. Enzimático	P. Mixto	P. Químico	P. Sin Sulfuro
DQO, mg/L O ₂	12.600	10.300	26.150	11.700
Calcio, mg/L CaCO ₃	5.600	3.650	6.400	1.500
SAAM, mg/L	3,40	3,20	4,30	9,9
Cloruros, mg/L Cl ⁻	14.015	547	547	14.343
Sulfuros, mg/L S ⁼	18,40	340,0	440,0	14,4
Nitrógeno, mg/L NH ₄ ⁺⁸	670	582	1.456	294
O.D, mg/L O ₂	1,9	0,6	0,4	0,2
Turbidez, UNT	3.400	2.050	8.100	6.415
Amonio, mg/L NH ₄ ⁺	160	73	233	176

El pelambre enzimático presenta bajos resultados de calidad de la piel apelmbrada alcanzados (ver Tabla 3) y el pelambre químico presenta un impacto ambiental negativo superior a otros procesos de pelambre evaluados y presentar los mismos resultados de calidad de la piel apelmbrada que el pelambre mixto. Por tener las condiciones menos favorables estos tipos de pelambre no se tendrán en cuenta para el análisis de las recirculaciones.

Con el fin de reciclar el agua al proceso de pelambre, se deben disminuir primero las cargas contaminantes que aportan sus vertimientos, como la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO), la Demanda Química de Oxígeno

(DQO), los Sólidos Sedimentables (SS), los Sólidos Disueltos (SD), la sal, la materia orgánica, la cal, el Sulfuro de Sodio (Na_2S).

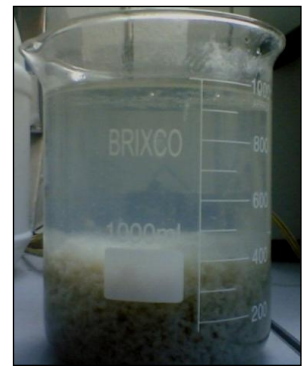
Sin Embargo para los vertimientos generados por el proceso de pelambre sin sulfuro por recomendaciones de la casa química⁹ que provee los reactivos y las formulaciones, no es necesario realizar ningún tipo de tratabilidad diferente a realizar la remoción de los pelos una hora antes de terminar la dosificación de los reactivos en la etapa de pelambre, es decir que esta operación hace parte de la formulación indicada por ellos.

Teniendo en cuenta que el pelo es quizás uno de los mayores aportantes de contaminantes orgánicos en el agua, se debe realizar su remoción lo más pronto posible con el fin de evitar que se destruya, por lo que se sugiere un sistema de tratamiento con remoción de pelos por medio de una tamizado (Malla 60), una oxidación con peróxido de hidrógeno, una coagulación con Hidroxicloruro de Aluminio y sedimentación con polímero catiónico, con el fin de remover las sustancias contaminantes y la eliminación de los elementos no útiles de la piel, como pelos, carne y grasa¹⁰.

Figura 6. Agua cruda



Figura 7. Agua tratada



DISCUSIÓN:

Los resultados obtenidos en el proceso de pelambre dependen en un 100% de las etapas previas, que son lavado y remojo, por lo que no es posible obtener pelambres de calidad excelente con remojos incompletos o de baja calidad.

En el pelambre enzimático no se obtuvieron buenos resultados respecto a la calidad del cuero, ya que se evidenció que las enzimas por si solas no remueven los pelos, necesitan de la ayuda del sulfuro, resultado que concuerda con la experiencia de los curtidores de la zona de estudio.

Por el contrario el pelambre químico dio resultados excelentes en cuanto a calidad del pelambre, pero tiene un alto impacto ambiental negativo. Al mezclar los dos procesos se lograron mejores resultados ya que las características de calidad de la piel pelada son excelentes de acuerdo a la cuantificación establecida y su impacto ambiental es menor que el del pelambre químico.

El reciclaje de las aguas (sin pelo) de pelambre sin sulfuro se puede realizar máximo una vez para no arriesgar la calidad de la piel, sin embargo es importante analizar el tipo de tratamiento que requiere esta agua, ya que su impacto ambiental es menor y se podría aumentar el número de recirculaciones.

El reciclaje de las aguas tratadas de pelambre mixto (mediante el tratamiento propuesto) muestra que a medida que se va recirculando el agua, la calidad de la piel apelambrada se mejora. Esto es causado por una remanencia de los productos químicos.

El sistema de tratamiento propuesto se ve afectado negativamente en la medida que se recircula el agua por lo que se hace necesario cambiar la dosificación de los reactivos adicionados para el proceso de coagulación y sedimentación con el fin de evitar la desestabilización de los coloides o posibles saturaciones del agua.

Del proceso de pelambre se generan como residuos pelo y lodo, los cuales se pueden disponer por medio de compostaje. Sin embargo es muy importante realizar los análisis al compost generado con el fin de certificar su calidad, propiedades, composición y uso permitido.

Los curtidores realizan en promedio el proceso de pelambre una vez por semana por lo que no es recomendable dejar el agua sin ningún tipo de tratamiento, ya que las altas cargas de contaminantes orgánicos empiezan a degradarse y a generar problemas de olores, impidiendo su reuso.

La recirculación de las aguas de pelambre no incrementa los costos, por el contrario presenta un ahorro y se disminuye el impacto ambiental negativo, teniendo en cuenta que los volúmenes de reutilización del agua son aproximadamente del 50%.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS:

1. MUÑOZ, Marcelo. Reciclaje de los efluentes de pelambre y curtido. XXVIII Congreso Internacional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Cancún. México, 2002
2. CEPIS. Informe técnico sobre minimización de residuos en una curtiembre, 1997
3. Autoridad Nacional del Ambiente en Panamá - ANAM. Guía de prevención de la contaminación del recurso hídrico, caracterización y tratamiento de aguas residuales para el sector de tenerías, 2003
4. OEA. Informe del apoyo técnico al taller para transferencia de tecnologías limpias para PYMES del sector curtiembre, 2006
5. AGUDELO, Sandra; GUTIÉRREZ, Paula. Tesis "Ahorro de agua y materia prima en los procesos de pelambre y curtido del cuero mediante precipitación y recirculación de aguas", 2007
6. CUERVO, Nelson. Tesis "Estudio del proceso de compostaje de los lodos producidos en la operación de pelambre en la industria del curtido de pieles", 2008
7. Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles – CPTS. Guía Técnica de Producción más limpia para curtiembres, 2002
8. Centro Nacional de Producción más Limpia – CNPML. Proyecto Gestión Ambiental en la Industria de Curtiembre en Colombia, 2004
9. CANTERA, Carlos. Efluentes de Curtiembre, II Reutilización de licores de pelambre, 1978
10. CANTERA, Carlos. Tecnologías, Tratamiento de residuos sólidos, Valorización de residuos sólidos de curtiembres, 2002
11. CUERONET. La comunidad de la industria del cuero. www.cueronet.com. Consultado durante los años 2009 y 2010
12. Unidad de asistencia para la pequeña y mediana industria – ACERCAR. Curtiembres, 2004
13. Cámara Sectorial del Cuero – ANDI. Manual de Buenas Prácticas para la producción y obtención de la piel de ganado bovino, 2007
14. Decreto 1594 de 1984. Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II y el Título III de la Parte III -Libro I- del Decreto - Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos
15. ROMERO, Jairo Alberto. Tratamiento de Aguas Residuales, Teoría y Principios de Diseño, 2005

LISTADO DE LAS NOTAS

¹ www.cueronet.com

² CEPIS. Informe técnico sobre minimización de residuos en una curtiembre.

³ Información facilitada por la Asociación de Curtidores de Villapinzón – ACURTIR, 2010

⁴ MUÑOZ, Marcelo. Reciclaje de los efluentes de pelambre y curtido. XXVIII Congreso Internacional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Cancún. México, 2002

⁵ Las pieles poseen propiedades distintas dependiendo de la raza, el origen (por ejemplo: de la sabana o de la costa), el sexo, el color, la edad y las condiciones de crianza, que permiten que absorban de manera distinta los químicos utilizados en el proceso de pelambre. ITALCUR, 2010.

⁶ Un grado Baumé (Bé), equivale a la densidad de una solución de clorato de sodio a 1%. www.cueronet.com

⁷ La entidad Ambiental de la zona es la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR, Decreto 1594 de 1984

⁸ Unidades establecidas por el Standard Methods para expresar el Nitrógeno total Kjeldahl

⁹ Recomendación recalcada en entrevistas con la asesora de PROCUR S.A., (Blanca Nelly Velásquez Giraldo) para asegurar la efectividad de los reactivos utilizados.

¹⁰ ACERCAR. CURTIEMBRES, 2004