



Ciencia Latina
Internacional

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), marzo-abril 2024,
Volumen 8, Número 2.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i2

ESTRATEGIAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN EL PROCESO ARTESANAL DE CURTICIÓN DEL CUERO

CLEANER PRODUCTION STRATEGIES IN THE ARTISAN LEATHER TANNING PROCESS

Claudia Patricia Delgado Ordoñez
Universidad Popular del Cesar, Colombia

Luz Ángela Ordoñez Gómez
Universidad Popular del Cesar, Colombia

Herman Alberto Revelo Cuaspud
Universidad Popular del Cesar, Colombia

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i2.10886

Estrategias de Producción más Limpia en el Proceso Artesanal de Curtición del Cuero

Claudia Patricia Delgado Ordoñez¹
delgadoclaw@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0008-2904-8864>
Universidad Popular del Cesar
Colombia

Luz Ángela Ordoñez Gómez
luzangelaog@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-0217-5969>
Universidad Popular del Cesar
Colombia

Herman Alberto Revelo Cuaspud
hareveloc@unal.edu.co
<https://orcid.org/0000-0002-3193-3255>
Universidad Popular del Cesar
Colombia

RESUMEN

El Municipio de Belén, ubicado en el Departamento de Nariño, le atribuye el 85% de su economía a la marroquinería y a la curtiembre de pieles bovinas, para la obtención de cuero. Desafortunadamente, esta industria ha desencadenado una problemática ambiental, caracterizada por el deterioro de los cuerpos de agua, suelos y aire, debido a la naturaleza contaminante de sus residuos. Condiciones como la infraestructura, la organización del proceso productivo y los pocos recursos económicos con los que cuentan las curtiembres del municipio, son un limitante para realizar un adecuado tratamiento de estos desechos antes de su disposición final. En este sentido, la presente investigación se realizó con el fin de determinar estrategias de producción más limpia (PML), para el proceso de curtiembre artesanal, de una curtiembre del Municipio de Belén. Para lo cual se establece una investigación con enfoque cualitativo, de tipo descriptivo y bajo un diseño de Investigación – Acción. Como instrumentos para la recolección de información se emplearon: la entrevista, la investigación de campo y la revisión bibliográfica. Los resultados obtenidos permitieron alcanzar el objetivo propuesto y las estrategias de producción más limpia establecidas fueron documentadas en una cartilla didáctica, con orientaciones y especificaciones para su posterior implementación.

Palabras clave: contaminación, cuero, curtiembre, medioambiente, producción más limpia

¹ Autor principal
Correspondencia: delgadoclaw@gmail.com

Cleaner Production Strategies in the Artisan Leather Tanning Process

ABSTRACT

The Municipality of Belén, located in the Department of Nariño, attributes 85% of its economy to leather goods and the tanning of bovine hides, to obtain leather. Unfortunately, this industry has unleashed an environmental problem, characterized by the deterioration of bodies of water, soil and air, due to the polluting nature of its waste. Conditions such as infrastructure, the organization of the production process and the few economic resources that the municipality's tanneries have are a limitation to carrying out adequate treatment of this waste before its final disposal. In this sense, this research was carried out in order to determine cleaner production (CMP) strategies for the artisanal tanning process in a tannery in the Municipality of Belén. For which research with a qualitative approach, descriptive type and under an Action Research design is established. The following instruments were used to collect information: interviews, field research and bibliographic review. The results obtained allowed us to achieve the proposed objective and the established cleaner production strategies were documented in a didactic booklet, with guidelines and specifications for their subsequent implementation.

Keywords: pollution, leather, tannery, environment, cleaner production

Artículo recibido 20 febrero 2024

Aceptado para publicación: 28 marzo 2024



INTRODUCCIÓN

El medio ambiente y la disponibilidad de recursos naturales han cambiado a lo largo del tiempo en función del desarrollo industrial, en consecuencia, el deterioro y agotamiento de recursos como el aire, el agua, y los suelos (Piarpuzan et al., 2023; Benites et al., 2023; Revelo et al., 2023; Arciniegas et al., 2024). Esto es ocasionado por la baja interrelación entre las gestiones productiva y ambiental de las empresas (Galindo et al., 2009). Lo anterior se traduce en modelos de producción poco sostenibles, que mientras generan altos volúmenes de productos, consumen gran cantidad de recursos y conllevan al detrimento progresivo del medio ambiente.

En Colombia existe una gran cantidad de industrias contaminantes, que emplean tecnologías obsoletas desde el punto de vista energético, reutilización de subproductos, manejo de materias primas, tratamiento y minimización de efluentes, emisiones y residuos sólidos (Bernal et al., 2017). Entre estas industrias se sitúan las industrias curtiembres que en Colombia son generalmente mipymes (micro, pequeñas y medianas empresas), cuyos ingresos solo alcanzan para solventar sus necesidades básicas, lo cual supone para estas empresas, una gran dificultad para invertir en tecnología e innovación.

Las curtiembres del Departamento de Nariño, más específicamente las ubicadas en el Municipio de Belén, no escapan a esta realidad, y aunque la trayectoria de la industria curtiembre en el municipio ya lleva varias décadas, el proceso productivo ha tenido muy pocas modificaciones, ya que se trata de un proceso artesanal mínimamente tecnificado, que aunque genera cueros de muy buena calidad, también genera gran cantidad de residuos contaminantes que no reciben tratamientos eficientes, para impedir que causen daños al medio ambiente.

Los propietarios de las curtiembres del Municipio de Belén son conscientes de las repercusiones que su actividad productiva desencadena sobre el medio ambiente, por lo que se han preocupado por tomar medidas que disminuyan el impacto ambiental y se han organizado en la búsqueda de soluciones definitivas a la problemática, que, si bien resultarían efectivas, requieren de una alta inversión económica y su realización se daría en el largo plazo.

En este sentido, se hace necesario el desarrollo de mecanismos de producción que puedan llevarse a cabo en el corto y mediano plazo, que no requieran de inversiones elevadas y que no solamente favorezcan la buena calidad del producto final y la generación de utilidades, sino que además propendan

al cuidado y conservación del entorno ambiental. Tal es el caso de las Estrategias de Producción más limpia (PML) enfocadas a la industria curtiembre, las cuales se constituyen como una serie de medidas que buscan la transformación y mejoramiento del proceso productivo actual, realizando pequeñas modificaciones a lo largo del proceso que respondan a principios de sostenibilidad (Monroy et al., 2019), con lo que se garantiza un sistema de producción, ambientalmente amigable, productivo y rentable.

METODOLOGÍA

El presente trabajo investigativo se llevó a cabo en una curtiembre del Municipio de Belén, Nariño. Esta investigación se desarrolló bajo un enfoque cualitativo, según lo referido por Hernández (2014), en cuanto al nivel, la presente investigación es de tipo descriptivo. concordando con lo expuesto por Cazau (2006). En lo que atañe al diseño investigativo, se trabajó un diseño de Investigación – acción (I.A), dando especial importancia a la información aportada por los miembros de la comunidad objeto de estudio.

Se trabajó con una muestra conformada por los seis operarios de la curtiembre objeto de estudio. La muestra trabajada se clasifica como homogénea, de acuerdo con lo expresado por Hernández (2014), ya que los miembros de la muestra poseen características similares, por ejemplo, todos los integrantes tienen nivel máximo de estudios de básica primaria, todos residen en el casco urbano del Municipio de Belén, el oficio de la curtición de pieles lo han aprendido de sus padres y abuelos y poseen una amplia experiencia en el proceso de curtiduría.

Para la caracterización de la curtiembre objeto de estudio y el diagnóstico del proceso productivo, se utilizaron como instrumentos para obtención de información, la entrevista al propietario de la curtiembre y la investigación de campo. La entrevista se realizó con el fin de obtener información general acerca de la curtiembre, mientras que la investigación de campo se llevó a cabo con el objeto, de determinar la secuencia del proceso productivo, las operaciones ejecutadas, los de equipos, los insumos utilizados, los parámetros del proceso y el manejo y disposición de residuos. Para la investigación de campo se realizaron catorce visitas a la curtiembre, donde se observó las particularidades del proceso productivo, así mismo se tomó nota de los datos y testimonios aportados por los operarios, lo cual se complementó con el respectivo registro fotográfico. Toda la información

recolectada en las visitas a la curtiembre, fue organizada en un registro de diario de campo para su posterior análisis.

A partir de la caracterización de la curtiembre y el diagnóstico del proceso, se identificaron las operaciones con mayores falencias respecto al manejo y disposición de residuos y que por lo tanto eran susceptibles de mejora a partir de las estrategias de PML.

En seguida se efectuó una revisión bibliográfica para determinar las estrategias de PML, acordes a las operaciones identificadas, realizando además algunos ajustes para que estas estrategias se acoplen a las necesidades y particularidades de la curtiembre estudiada.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Diagnóstico de la curtiembre y el proceso artesanal de curtición de pieles

La curtiembre estudiada, se dedica a la producción de cuero como materia prima para la elaboración de guante industrial, el cual es un producto que se comercializa muy bien dentro y fuera del Municipio de Belén, la curtiembre se encuentra dentro del casco urbano del municipio, al igual que el resto de las curtiembres, ya que se trata de establecimientos antiguos que se instauraron inicialmente en las residencias de sus propietarios.

Esta situación es similar a la reportada por secretaria Distrital de Ambiente (2004), que hace referencia a las curtiembres ubicadas sobre el Barrio San Benito en Bogotá, las cuales por ser negocios familiares se han establecieron en medio de las viviendas del barrio

Por lo anterior el área de la curtiembre no es muy amplia, sin embargo, está organizada en cuatro áreas productivas básicas, señalizadas, en las cuales se realizan diferentes operaciones del proceso de curtición de pieles, tal como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Relación de las áreas de la curtiembre y las operaciones realizadas en cada una de ellas.

Área	Operaciones
Pozos	Remojo, Reposo de pelambre, remojo post dividido, baños.
Pelambre	Sulfurado
Bombos	Desencalado, Purgado, Piquelado, Curtido, Lavados, teñido, engrase y ablandado.
Residuos sólidos	Se hace recolección y almacenamiento de bultos de residuos sólidos (güiza, residuos de cuero, partículas, retenidas por la trampa de grasa).

Respecto a la distribución de las plantas curtiembres, cabe destacar que esta varía según las características del proceso realizado y los recursos con los que cuente cada planta, por ejemplo, Huete (2016), describe una curtiembre conformada por las áreas de: Pelambre, Curtido, Wet blue, Recurtido y Acabado, la cual a diferencia de la curtiembre objeto del presente estudio, cuenta con toda la maquinaria necesaria para el proceso. Por otro lado, Azpilcueta y Bravo (2020), reportan una distribución de áreas representadas en secciones: Planta húmeda, Planta Seca, Área de confecciones, Área de empaquetado, Área de almacén de productos terminados, Área de almacén de productos químicos y Área de secado. También se cuenta con el Área administrativa, Contabilidad y Logística, destacando que en dicho establecimiento no solo se curte pieles, sino que además se elabora productos de marroquinería y se realizan las operaciones básicas para su distribución.

En la curtiembre estudiada, el proceso de curtición de pieles se lleva a cabo en cuatro etapas: Ribera, Curtido, Recurtido y Terminación, lo cual concuerda con lo expuesto por Tejerina et al., (2013) y Rojas (2010), Sin embargo, no en todas las curtiembres se realizan las mismas operaciones en cada etapa. Según SBA CURTIDOS (2018), las variaciones en el número y tipo de operaciones, dependen de la calidad de la piel, la utilidad que tendrá la misma y del acabado final que se desea obtener, Por otro lado, Olivas (1997) menciona, que las variaciones en el proceso de curtiembre, también obedecen a las características de algunas operaciones fundamentales, como los métodos empleados para el pelambrado, el agente curtiente utilizado y las operaciones de acabado.

Otra característica importante de la curtiembre estudiada, es que dentro de ella no se realiza la totalidad de operaciones del proceso de curtición (Tabla 2), si no que algunas operaciones son realizadas en establecimientos externos, contratados por la curtiembre, situación que es común a la mayoría de curtiembres del Municipio de Belén. En vista de ello, el proceso entonces, también depende de la disponibilidad de maquinaria, recursos y espacio con los que cuente la planta curtiembre.

Tabla 2.

Etapas y operaciones del proceso de curtición de pieles desarrollado en la curtiembre estudiada.

	Etapas	Operaciones	Realizado en la curtiembre	Realizado en otro establecimiento
Proceso Productivo	Ribera	Recepción de pieles	X	
		Remojo	X	
		Sulfurado	X	
		Pelambre	X	
		Descarnado	X	
		Remojo post- Descarne	X	
		Dividido		X
		Encalado	X	
	Curtido	Desencalado	X	
		Purgado	X	
		Piquelado	X	
		Curtido	X	
	Recurtido	Emparejado		X
		Teñido	X	
		Engrase	X	
		Secado		X
	Terminación	Ablandado	X	
		Planchado		X
		Despuntado		X
		Medición		X
		Doblado		X

En la curtiembre estudiada, participan de dos a seis operarios en las operaciones del proceso, según la complejidad de cada operación y de la cantidad de pieles a procesar. La curtiembre desarrolla un proceso artesanal por lo que, no posee un elevado grado de tecnificación, por lo tanto, la única maquinaria empleada ahí la constituyen: Una motobomba, una báscula, dos bombos o fulones y un potenciómetro que no es utilizado con frecuencia, el resto de herramientas y objetos de trabajo son de manejo manual. Según, Melgar (2000), la maquinaria básica para el proceso productivo del cuero está constituida por las siguientes maquinas: Botalas o Bombos de madera, descarnadora, divididora, rebajadora, ablandadora, planchadora o grabadora y cilindradora. En la curtiembre, no se cuenta con maquina descarnadora, debido a que el descarnado o desgüizado de pieles se hace de forma manual, del mismo modo no cuenta con ablandadora de rodillos ya que el ablandado de pieles se realiza en los bombos con adición de una pequeña cantidad de agua, por otro lado la curtiembre no cuenta con máquinas como la divididora, rebajadora y la secadora puesto que como en el resto de curtiembres del municipio, la

curtiembre estudiada, contrata establecimientos externos dedicados a realizar las operaciones de dividido, rebajado, y secado. Maquinas como la grabadora y la cilindradora solo son útiles cuando se trata de cuero para confección, marroquinería y/o calzado.

Teniendo en cuenta, características de la curtiembre, tales como, numero de bombos, cantidad de máquinas operando, número de actividades realizadas fuera de la curtiembre y cantidad de pieles procesadas al mes, Jaramillo et al., (2005), proponen una clasificación de acuerdo con la capacidad productiva de las curtiembres, baja, media y alta. Considerando la clasificación anterior, se puede deducir que la curtiembre objeto de estudio se clasifica como una curtiembre de baja capacidad productiva, ya que cuenta con dos bombos, posee tres máquinas en funcionamiento, fuera de la empresa se realizan seis operaciones del proceso de curtición y mensualmente se procesan de 300 a 400 pieles.

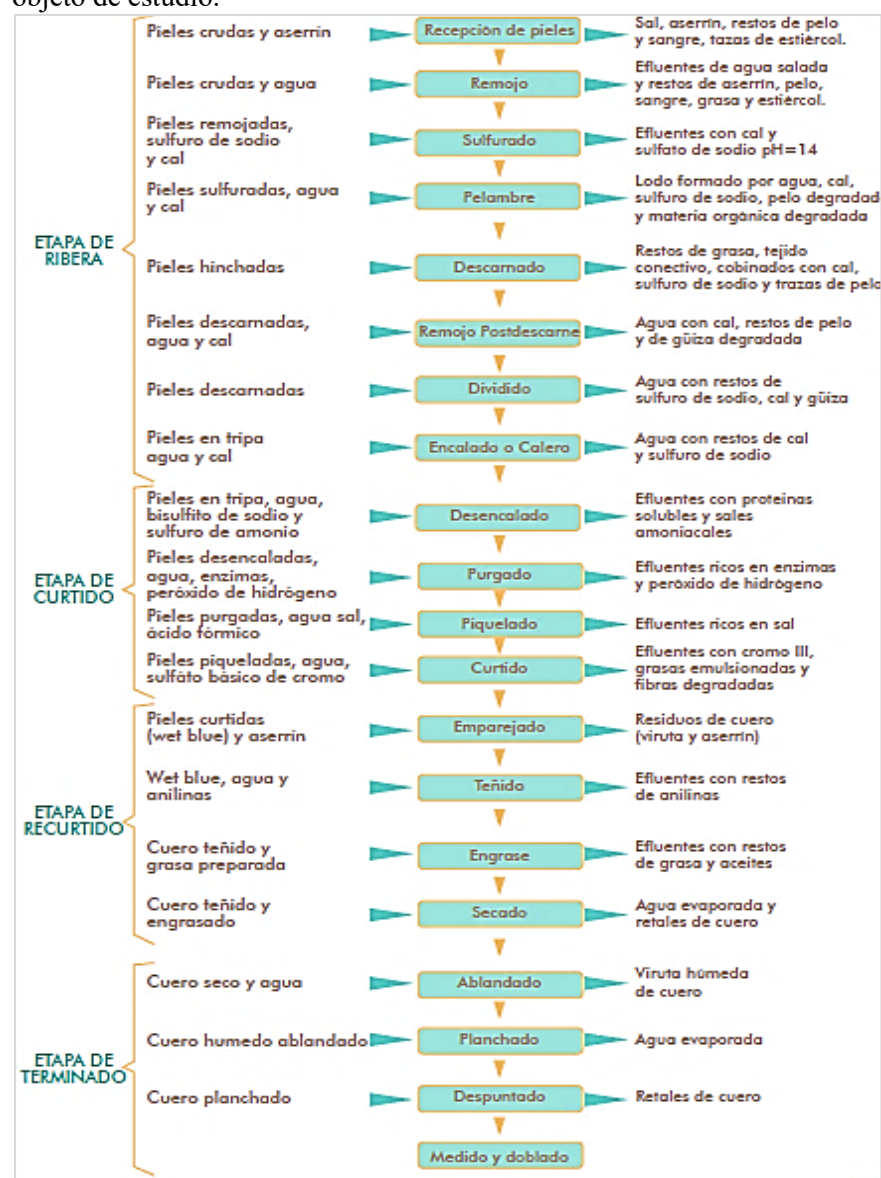
Durante cada operación del proceso de curtición, se emplean como principales insumos: agua, energía eléctrica para el funcionamiento de la maquinaria e insumos químicos, que realizan acciones sobre la piel para convertirla gradualmente en cuero y otorgarle la calidad deseada. Los insumos químicos, son añadidos durante el proceso según porcentajes establecidos para el tipo de cuero que la curtiembre procesa (Cuero para guante industrial), estos porcentajes se calculan de acuerdo con el peso total de las pieles a procesar. Cuando estos insumos han cumplido con su función en las pieles bajo proceso, pasan a formar parte de los efluentes y residuos del proceso de curtición, los cuales, si son liberados sin ningún tratamiento previo, pueden causar efectos negativos en el medio ambiente.

En operaciones como el remojo y el piquelado, se emplean altas cantidades de sal industrial, que le confiere a los efluentes una elevada cantidad de solidos solubles totales difíciles de remover, debido a la alta solubilidad de la sal (Cárdenas, 2012).

En las operaciones de pelambre y encalado o calero, se utiliza sulfuro de sodio y cal, los cuales forman parte de los efluentes de estas operaciones y pueden generar emisiones de sulfuro de hidrogeno, compuesto químico que, en concentraciones bajas en el aire, puede ocasionar irritación de vías respiratorias, intoxicación y en mayores concentraciones hasta la muerte. En cuanto a operaciones como el desencalado y rendido, debido al uso se sulfato de amonio y de proteínas solubilizadas, los efluentes pueden desprender emisiones de amoniaco al ambiente (Esparza y Gamboa, 2001).

En la operación de curtido donde se utiliza, sulfato básico de cromo, este insumo puede desprender cromo trivalente en los efluentes de la operación, el cromo trivalente se precipita rápidamente y se acumula en muchas especies acuáticas que se alimentan de los lechos acuáticos, además este puede ser oxidado a la forma hexavalente a un pH entre 5.5 y 6 lo que genera contaminación del agua y daños en la fauna acuática. En los seres humanos una exposición prolongada al cromo puede ocasionar cáncer de pulmón (Chávez, 2010). Considerando la información recopilada concerniente al proceso productivo, fue posible establecer el diagrama de flujo para el proceso artesanal de curtición de pieles de la curtiembre (Figura1), donde se plasma el número de etapas del proceso, las operaciones por cada etapa, los insumos empleados en cada operación y los residuos generados.

Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de curtición artesanal de cuero realizado en la curtiembre objeto de estudio.



Los residuos generados en el proceso poseen un pobre tratamiento dentro de las instalaciones de la curtiembre, debido a la falta de infraestructura para el tratamiento de los mismos. La planta cuenta con desagües provistos de rejillas o cribas y una trampa de grasa general, en el caso de los residuos sólidos de gran tamaño, estos son retenidos por las rejillas de los desagües y por la trampa de grasa, luego estos son recogidos y dispuestos en costales, los cuales se cierran y son apilados en el área de residuos sólidos. Hasta que son recogidos por la empresa que la curtiembre contrata para su disposición final. Cuando se trata de residuos líquidos, que son poco densos, estos atraviesan sin problema las rejillas de los desagües y luego pasan por la trampa de grasa, y aunque en esta última se retienen los desechos de componente graso o de baja densidad, este tratamiento primario no es suficiente para disminuir la carga contaminante de los efluentes.

Para este estudio se escogieron, las operaciones que más residuos líquidos o efluentes generaban y que recibían menos tratamiento dentro de la curtiembre objeto de estudio, y que por lo tanto eran susceptibles de mejora mediante el planteamiento de estrategias de producción más limpia (PML). Las operaciones seleccionadas fueron: Remojo, Pelambre, Desencalado, Piquelado, Curtido, Teñido y Engrase, así mismo se establecieron algunas estrategias de PML, en cuanto al mantenimiento de cribas de desagües y trampas de grasa.

Planteamiento de las estrategias de PML para las operaciones seleccionadas y para el sistema de pretratamiento de efluentes.

Para el planteamiento de estrategias de producción más limpia para las operaciones de interés, se realizó una revisión bibliográfica a partir de la cual se realizó el análisis de las estrategias encontradas, para determinar su factibilidad de implementación en la curtiembre objeto de estudio, teniendo en cuenta las particularidades del proceso productivo realizado.

En relación con la operación de remojo tiene por objeto hidratar las pieles crudas después de su transporte y desprender y solubilizar las impurezas con las que estas puedan haber ingresado a la curtiembre, generando efluentes con una alta carga orgánica y sólidos solubles totales, debido a la sal disuelta. Para mitigar la contaminación en esta operación Silva (2016) propone llegar a acuerdos con el proveedor de las pieles, según lo establecido en la Ley 9 de 1979, en su artículo 327, donde se manifiesta que antes del sacrificio de las reses en un frigorífico, estas deben someterse a un baño para retirar mugre

e impurezas, lo que a su vez genera pieles más limpias para la industria curtiembre. Por otro lado, Cárdenas (2012) y secretaria Distrital de Ambiente (2004), plantean que una vez ingresadas las pieles a la curtiembre se debe retirar la sal mediante sacudido, barrido o golpe, con lo que se disminuye en un 30% la carga de sal en el efluente. La sal recuperada se puede reutilizar en la operación de piquelado o comercializar a las industrias de ladrillos o cerámica.

La operación de pelambre consiste en la remoción del pelo de las pieles, para lo cual dentro de la curtiembre estudiada se emplean agentes depilatorios como la cal y el sulfuro de sodio al 30% con respecto al peso de las pieles. Esta operación genera efluentes de lodo de cal con pelo y materia orgánica degradados.

Para disminuir la carga contaminante de los efluentes de la operación de pelambre Gordillo y Toledo (2013) y Secretaria Distrital de Ambiente (2004) expresan la conveniencia de realizar un pre - descarne o moteo después del remojo y antes de la operación de pelambre, con el fin de eliminar la mayor cantidad de material orgánico que no pueda convertirse en cuero (grasa, tejido subcutáneo, carne y sangre), los cuales representan aproximadamente el 30% del peso de las pieles (Iñiguez, 2006), Con lo cual se podría rescatar estos subproductos y comercializarlos como materia prima para otras industrias. Además, al eliminar estos residuos, antes del pelambre, se reduce la cantidad de insumos a aplicar al lote de pieles ya que estos se calculan en base al peso de estas.

Desde otra perspectiva, Cárdenas (2012), propone el uso de productos enzimáticos para depilar las pieles, con lo que se recuperaría el pelo, sin embargo, es una medida poco recomendable para implementar en la curtiembre estudiada debido al costo de los insumos y los controles que se debe tener durante el proceso para lograr una eficiente acción enzimática.

Por su parte, Melgar (2000), plantea modificar los porcentajes de insumos para el pelambre, en este caso para recuperar el pelo propone utilizar un porcentaje de sulfuro de sodio entre 0.1 y 0.15 %, sin embargo, con este método la operación de pelambre se prolongaría, si se desea un depilado rápido se puede emplear cantidades mayores de sulfuro de sodio, entre el 2 y el 6%. Para este caso es factible implementar el pre – descarne antes del pelambre y una modificación en la cantidad de sulfuro de sodio a adicionar.

En relación con el desencalado, es una operación que busca eliminar el hinchamiento de la piel causado por los agentes depilatorios y disminuir el pH de la piel con el fin de prepararla para la operación de piquelado, en esta operación se usa bisulfito de sodio 0.3% y sulfato de amonio 0.2%. Como estrategias de PML en esta operación, secretaria Distrital de Ambiente (2004) propone no exceder el 0.5% de bisulfito de sodio en esta operación, dicha medida se cumple en la curtiembre, ya que se emplea un 0.3% de bisulfito de sodio respecto al peso de las pieles. En la curtiembre objeto de estudio también se realiza el desencalado y purgado en el mismo baño, para ahorrar agua. Respecto a esta operación Melgar (2000) recomienda emplear ácido acético como desencalante, por su economía y excelente nivel de penetración en las pieles. Esta última medida es viable para su implementación en la curtiembre.

La operación de piquelado se realiza para acondicionar y preparar la piel para el curtido, se emplean sal al 6% y ácido fórmico 0.7% respecto al peso de las pieles. Los efluentes de esta operación presentan como principal inconveniente la alta cantidad de SST, presentes debido a la alta cantidad de sal disuelta. Melgar (2000), propone el uso de ácidos orgánicos en el piquelado, con lo cual se reduce el uso de sal, dicha medida ya es realizada por la curtiembre, ya que utiliza ácido fórmico. Secretaria Distrital de Ambiente (2004), propone el uso de polisulfona ácida modificada. Este insumo eliminaría la necesidad de utilizar sal en la operación de piquelado, ya que la sal se utiliza para evitar el hinchamiento de las pieles debido a la acción del ácido sobre ellas, en este sentido Ruiz (2018), concuerda con esta medida, afirmando que el uso de polisulfona ácida modificada le confiere al baño de piquelado un $\text{pH} = 3$ muy conveniente para mantener un pH óptimo de las pieles, para la posterior operación de curtido. Por lo tanto, el empleo de este insumo es recomendable y viable de implementación.

La operación de curtido es una de las más significativas en términos ambientales, debido a que el cromo contenido en sus efluentes, puede ocasionar graves daños a los cuerpos de agua, fauna acuática, suelos y organismos vivos que entren en contacto con este metal. Por lo tanto, diversos autores exponen algunas alternativas que permiten disminuir el volumen y la concentración de cromo en los efluentes resultantes de la operación de curtido.

En este sentido CPTS, (2003), describe una técnica para la máxima absorción y aprovechamiento de cromo en la operación de curtido, más conocida como “alto agotamiento de cromo”, la cual puede ser realizada en cualesquier curtiembre y consiste en el control de ciertos parámetros básicos con lo que se

logra un menor gasto de insumos (agua y sales de cromo) y una menor carga contaminante en los efluentes de la operación de curtido, ya que se favorece una mejor fijación del cromo en las pieles curtidas. Los parámetros reportados por el CPTS (2003) son:

Concentración de cromo en el baño de curtido

Para lograr un alto agotamiento de cromo, es necesario que el baño de curtido, el cual se compone de agua y sulfato básico de cromo, se encuentre bien concentrado. Para ello no se requiere incrementar la cantidad de sulfato básico de cromo en el baño, si no por el contrario disminuir el volumen de agua del baño en el cual se curtirán las pieles, de este modo se incrementará su concentración. Se debe vigilar periódicamente el pH de la operación. Al final de la operación de curtido, el pH no puede ser mayor a 4, ya esto provocaría precipitación del cromo del baño, formando manchas en los cueros curtidos.

Temperatura

La temperatura del baño, no debe sobrepasar los 40°C, ya que con temperaturas mayores no se alcanzaría un alto agotamiento de cromo del baño de curtido.

Duración de la operación de curtido

Respecto a la duración de la operación de curtido otros autores como Gordillo y Toledo (2013) plantean, que el tiempo óptimo de curtido, para lograr un alto agotamiento de cromo oscila entre 12 y 15 horas.

En lo que refiere a la medida de alto agotamiento de cromo, dentro de la curtiembre no se estandariza la cantidad de agua que se utiliza en cada operación, por lo tanto para la operación de curtido la cantidad de agua empleada se añade, de manera subjetiva, por lo que inicialmente se hace necesaria la adquisición de un cuenta litros que se adapte a la salida de la motobomba para poder calcular con precisión la cantidad de agua utilizada, y así poder determinar cuánta agua se puede disminuir para lograr un incremento en la concentración del baño de curtido.

Por otro lado, parámetros como el pH del baño y temperatura no son medidos durante la operación de curtido, pero se cuenta con un potenciómetro para realizar esta actividad, además se puede adquirir un termómetro para verificar la temperatura en el proceso. En cuanto al tiempo de duración de la operación de curtido, en la curtiembre estudiada esta dura 6 horas, es necesario que se realicen ensayos de tiempo

de curtido vigilando los parámetros de pH y temperatura para determinar de cuánto puede ser el aumento en el tiempo de la operación para lograr un alto agotamiento de cromo.

Otra estrategia para disminuir la contaminación de la operación de curtido es la recuperación de cromo de sus efluentes. Por ejemplo, Gordillo y Toledo (2013), en su estudio reportan el método de recuperación de cromo, que permite obtener sulfato básico de cromo reutilizable para un nuevo lote de pieles, con lo que se genera además mayor rentabilidad para la curtiembre.

El proceso puede realizarse con la infraestructura de una curtiembre tradicional sencilla, recolectando los efluentes de la operación de curtido, luego se procede a hacer una precipitación del cromo existente en esos efluentes, para lo cual se puede emplear una solución básica de hidróxido de sodio (NaOH) al 25% (p/v), con agitación lenta pero constante hasta que el efluente alcance pH=9, posteriormente la mezcla es sometida a calentamiento hasta alcanzar entre 70 y 80°C. Una vez realizado este proceso, se deja en reposo la preparación con el fin de separar el cromo precipitado del líquido remanente, lo cual puede realizarse por filtración o dejando sedimentar el hidróxido de cromo producido. Finalmente se procede a diluir la torta obtenida con ácido sulfúrico, obteniéndose nuevamente sulfato básico de cromo el cual está listo para utilizarse (Cárdenas, 2012).

Este método resulta efectivo, sin embargo, tiene ciertas desventajas, como la adquisición de un tanque para calentamiento del efluente y el uso de ácido sulfúrico, el cual es un ácido fuerte, altamente corrosivo, que puede ocasionar accidentes a los operarios, además, su venta en Colombia es regulada por estupefacientes. Por lo tanto, se opta por el método propuesto por Ortiz y Carmona (2015), quienes realizan algunas modificaciones al método propuesto anteriormente.

El método consiste en sacar el efluente del bombo mediante una motobomba para lodos, debido a la densidad que este pueda tener, luego el efluente se pasa por un filtro de acero inoxidable de malla 100, ubicado sobre un tanque de acero inoxidable sobre el cual se verterá el efluente filtrado, una vez realizado esto se añade hidróxido de sodio, para precipitar el cromo del efluente y seguido de ello se adiciona lenta y cuidadosamente ácido fórmico y sulfato de sodio, para propiciar la reacción que dará como resultado la formación de sulfato básico de cromo, el cual puede emplearse para el curtido de pieles en una relación del 40% de sulfato básico de cromo recuperado con un 60% de la sal fresca. Por

otro lado, el agua remanente se puede retirar del tanque con la ayuda de una motobomba no sumergible y ser tratada, para luego utilizarse en otras operaciones del proceso.

Este método permite el uso de insumos ya conocidos y manejados por los operarios como lo son el ácido fórmico y el sulfato de sodio, además no requiere de llevar a calentamiento el efluente.

Por lo tanto, para esta operación se proponen como estrategias de producción más limpia los métodos propuestos por CPTS (2003) para el alto agotamiento de cromo y el propuesto por Ortiz y Carmona (2015) para la recuperación de cromo del efluente.

En cuanto a Teñido y Engrase son etapas que es posible realizarlas al mismo tiempo con lo que se reduce la cantidad de agua, tiempo y energía empleados, De igual manera el autor propone el uso de tintes y engrasantes libres de compuestos orgánicos halogenados absorbibles (AOX) debido al alto grado de contaminación que estas sustancias les confieren a los efluentes, así como evitar el uso de tintas a base de complejos metálicos como cromo, cobalto y cobre. Actualmente en la curtiembre, las operaciones de teñido se realizan con anilinas aptas para el tinturado de cuero, y grasa preparada para cuero que se comercializa dentro del municipio.

En otra instancia CPTS (2003), también recomienda finalizar las operaciones de teñido y engrase a un pH bajo mínimo, $\text{pH}=4$ con lo que se garantiza una alta penetración de los agentes engrasantes y colorantes en las pieles, de manera que los efluentes terminan con una baja concentración de estas sustancias, además Vega (2020), señala que un alto agotamiento de engrasantes, disminuye significativamente la DQO del efluente.

Con base a lo anterior son viables de implementación en la curtiembre objeto de estudio, la realización simultanea del teñido y engrase, la verificación de la composición de los insumos colorantes y engrasantes y el alto agotamiento de los baños de teñido y engrase.

Como lo reporta Chinchilla (2015), las cribas en el sistema de desagües y las trampas de grasa son elementos para el pre-tratamiento de efluentes, es decir que para que un efluente industrial sea tratado por completo, hay que establecer procedimientos complementarios. En cuanto a las cribas, el autor manifiesta que estas se utilizan para retener el material solido grueso. Las cribas se deben colocar en dirección transversal al flujo del efluente. De igual manera se recomienda retirar periódicamente el material retenido para evitar atascamientos.

Como recomendaciones para su instalación Chinchilla (2015) propone que las cribas se instalen formando un ángulo de 45 a 60° con el suelo, del mismo modo que exista un manual de manipulación y mantenimiento de la rejilla para su preservación. De otra manera, Chinchilla (2015), describe las trampas de grasa, como tanques donde el agua permanece por poco tiempo y tienen la función de retener partículas, generalmente grasas, las cuales quedan flotando en la parte superior. Se recomienda retirar estas partículas o natas antes de liberar el efluente.

Respecto a lo anterior se propone para la curtiembre estudiada (Tabla 3), las recomendaciones para revisión e instalación del sistema de cribas en los desagües, de igual manera las recomendaciones para realizar un mantenimiento adecuado de las trampas de grasa.

Tabla 4. Estrategias de PML, definidas para cada una de las operaciones de interés:

Operación	Estrategia de PML propuesta
Remojo	Sacudido de pieles
Pelambre	Pre - descarte
	Dosificación de Insumos
Desencalado	Uso de Ácidos orgánicos (Ácido acético)
Piquelado	Utilización de Polisulfonas
Curtido	Alto agotamiento de Cromo
	Recuperación de Cromo
Teñido y Engrase	Realizar operaciones simultáneamente
	Verificar composición de insumos
	Alto agotamiento de baños

CONCLUSIONES

Es posible plantear estrategias de producción más limpia dentro de una curtiembre artesanal sin que exista la necesidad de realizar grandes inversiones o emplear maquinaria sofisticada. Dichas estrategias van encaminadas a pequeños tratamientos de la materia prima antes de cada operación, ajustes en la dosificación de insumos, alto agotamiento de insumos en las operaciones y tratamiento adecuado de efluentes como es el caso de los generados en la operación de curtido.

En este sentido una adecuada implementación de las estrategias de producción más limpia propuestas en el presente estudio para curtiembres artesanales como las existentes en el Municipio de Belén Nariño,

generan beneficios ambientales como disminución de la carga contaminante de los efluentes y reducción de residuos sólidos orgánicos. Así como también beneficios económicos, como ahorro y reciclaje de insumos químicos y agua y rescate de subproductos aprovechables y comercializables.

Por consiguiente, la educación ambiental no solo se limita a la formación e instrucción de individuos dentro de un aula de clases, también es posible desarrollarla en comunidad, brindando orientación en la búsqueda y construcción del conocimiento para enfrentar y dar solución a situaciones cotidianas que pueden generar problemáticas ambientales en el entorno de la comunidad. En este sentido la acción pedagógica debe ir sujeta a principios éticos, ambientales y de sostenibilidad.

Por otro lado, las condiciones físicas, tecnológicas y económicas de las curtiembres del Municipio de Belén, son las principales limitantes para una producción sostenible, no obstante el desconocimiento que aún existe en los miembros del gremio de curtidores, acerca de los múltiples impactos ambientales que dicha industria genera en el municipio, puede materializarse como una barrera, que frene la búsqueda e implementación de soluciones para hacer de la curtiduría una industria más amigable con el medio ambiente. En vista de ello la sensibilización ambiental a partir de la educación, juega un papel muy importante para el fortalecimiento de la conciencia ambiental de los principales actores de esta industria.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Azpilcueta, F. S. y Bravo A. L. (2020). Redistribución de Planta para la mejora de procesos en una empresa productora de cueros en la ciudad de Arequipa. [Tesis de pregrado]. Universidad Católica San Pablo.

Arciniegas, G. R., Argote Hernández, L. M., Ordoñez Gomez, L. A., & Alberto Revelo, H. (2024). Impacto de la Especie Nativa Pandala (Prunus Huantensis) en el Ecosistema del Área de Influencia del Parque Natural Regional Páramo Paja Blanca Pupiales Nariño. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(1), 4811-4826.

https://doi.org/10.37811/cl_rem.v8i1.9819

Bernal, A. A., Beltrán, C. J., & Márquez, A. F. (2017). Producción Más Limpia: una revisión de aspectos generales. *I3+*, 3(2), 66–85. <https://doi.org/10.24267/23462329.219>

Cámara de Comercio de Bogotá. (2004). Guía Ambiental para el Sector Curtiembres.



- Benites, Y., Karina Padilla, L., & Revelo Cuaspu, H. A. (2023). Estrategias Lúdico Pedagógicas para Disminuir la Contaminación en el Río Guiza en el Centro Educativo de Palpis. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(4), 8069-8091.
https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i4.7550
- Cárdenas, J. (2012). Diseño de una metodología para la selección de esquemas de mejoramientos alcanzados con PML. Caso: Cadena del cuero del Valle del Cauca. [Tesis de pregrado]. Universidad del Valle. Facultad de ingeniería.
- Cazau, P. (2006). Introducción a la investigación en ciencias sociales.
https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/37844523/cazau_-_metodologia.pdf?1433610979=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DMODULO_404_REDPSICOLOGIA_ONLINE_WWW.GAL
- Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles (CPTS). (2003). Guía Técnica de Producción más Limpia para Curtiembres. La Paz, Bolivia.
- Chávez, Á. (2010). Descripción de la nocividad del cromo proveniente de la industria curtiembre y de las posibles formas de removerlo. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 9(17), 41-49.
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S169233242010000200004&lng=en&tlng=es.
- Chinchilla, M. (2015). Relación de parámetros de diseño de trampas de grasas (desengrasadores) versus su eficiencia, en aguas residuales comerciales. [Tesis de maestría]. Universidad San Carlos de Guatemala. Facultad de ingeniería.
- Esparza, E., Gamboa, N., & Gamboa, N. (2001). Contaminación debida a la industria curtiembre. *Revista De Química*, 15(1), 41-63.
<https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/quimica/article/view/4756>.
- Galindo, P. A., Rizo, M., Oquendo, H., González, E., & Pérez, A. (2009). Estrategia para la generación de alternativas de producción más limpia en la industria de tenería. *Tecnología Química*, XXIX(),14-21.
- Gordillo, G.E. & Toledo, C.E. (2013). Técnicas ambientales de producción más limpia en la industria

- de curtiembre. [Tesis de pregrado]. Universidad Central del Ecuador.
- Hernández, R., Fernández, C., Baptista, P. (2014). Metodología de la Investigación. México. Mc Graw Hill Education
- Huete, I. S. (2016). Elaboración de Plan de Prevención de Riesgos Laborales para las áreas de Pelambre, Curtido, Wet-Blue, Recurtido y Acabado de la empresa “Tenería La Fuente”, ubicada en Granada-Nicaragua. [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional de Ingeniería. Facultad de tecnología de la industria.
- Íñiguez, g., Rodríguez, r., & Virgen, g. (2010). Compostaje de material de descarte y aguas residuales de la industria de curtiduría. Revista Internacional De Contaminación Ambiental, 22(3), 113–123. <https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/21683>
- Jaramillo, A.; Vásquez, P. y Restrepo, I. (2005). Aplicación de Producción Más Limpia para disminuir el impacto al recurso hídrico provocado por una comunidad de curtidores ubicada en una zona urbana. Cali (Colombia).
- Martínez, S. Y., & Romero, J. A. (2017). Revisión del estado actual de la industria de las curtiembres en sus procesos y productos: un análisis de su competitividad. Revista Facultad De Ciencias Económicas, 26(1), 113–124. <https://doi.org/10.18359/rfce.2357>
- Melgar, D. (2000). Tecnología del Cuero. Tomo I. Procesos de curtición, control de calidad y maquinarias. MITINCI Industria.
- Monroy, E. F., Peña, C. A., Garzón, G. D. P., (2019). Estrategias de producción más limpia -PML: caso aplicado a la industria de curtiembre.
- Olivas, H.N. (1997). Factores que inciden en la calidad de los cueros en el municipio de León. [Tesis de pregrado] Universidad Nacional Agraria, UNA.
- Ortiz, N. E. & Carmona, J. C. (2015). Aprovechamiento de cromo eliminado en aguas residuales de curtiembres (San Benito, Bogotá), mediante tratamiento con sulfato de sodio. Revista Luna Azul, (40),117-126.
- Pinilla, L.M. (2016). La reutilización del cromo, como método para la conservación del medio ambiente y la perdurabilidad de Pinillarbe. [Tesis de pregrado]. Universidad del Rosario.
- Piarpuezan, V. R., Herley Jamioy, N., & Revelo Cuaspud, H. A. (2023). Estrategias Pedagógicas para

- Fortalecer la Cultura Ambiental Frente a la Contaminación por Residuos Sólidos en los Estudiantes de Primaria de la Sede Indígena Awá, La Brava. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(5), 3129-3146. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i5.7944
- Rojas, F. V., (2010). Estudio económico-financiero del aprovechamiento de las grasas extraídas del residuo de descarte “Unche” derivado del proceso de curtición en el municipio de Villapinzón-Cundinamarca. [Tesis de maestría]. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de ingeniería.
- Revelo, H. A., Narváez Tucanes, C. J., & Guanga Ortiz, Y. A. (2023). Estrategias Pedagógicas Enfocadas en la Agricultura Sostenible para Fortalecer la Valoración y Conocimiento de la Colocasia Esculenta en la Comunidad Indígena del Resguardo Gran Sabalo, Departamento de Nariño. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(5), 4150-4169. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i5.8020
- Ruiz, C.A. (2018). Análisis de la sustitución de los reactivos químicos en las etapas húmedas de una industria de curtiembres en Bogotá con fines de producción más limpia. [Tesis de pregrado]. Universidad de la Salle. Facultad de ingeniería.
- SBA curtidors. (2018). El proceso de curtición y sus etapas. 27 de Febrero de 2018. Recuperado de: El proceso de curtición y sus etapas (curtidorsba.es)
- Secretaría Distrital de Ambiente. (2004). Guía de producción más limpia para el sector curtiembres de Bogotá Enfoque en vertimientos y residuos.
- Silva, D. M., (2016). Diseño de un sistema de producción más limpia en la curtiembre Louane Cueros SAS” [Tesis de pregrado]. Universidad los libertadores. Facultad de ingenierías.
- Tejerina, W.A., Liberal, V. I., Iribarnegaray, M.A., Seghezzi, L. (2013). Gestión de residuos en curtiembres de la provincia de Salta. Asociación Argentina de Energía Solar; Avances En Energías Renovables y Medio Ambiente; 17; 10-2013; 679-688.
- Vega, J. E. (2020). Curtiembres en la localidad de san Benito, Bogotá; identificación de alternativas para reducción de impactos ambientales, generados por sus vertimientos. [Monografía]. Repositorio Institucional UNAD.