

**USO DE TANINOS PROVENIENTES DEL BANANO DE RECHAZO COMO
MÉTODO ALTERNATIVO PARA CURTICIÓN DE CUERO.**



**CORPORACIÓN
UNIVERSITARIA
LASALLISTA**

SANTIAGO GIL ARANGO

Asesor

**Corporación Universitaria Lasallista
Facultad de Ciencias Administrativas y Agropecuarias
Programa de Gerencia Agropecuaria
Caldas-Antioquia
Año 2018**

Nota de aceptación

Firma director

Firma del presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Tabla de Contenido

1. PROBLEMA.....	7
1.1 Planteamiento.....	7
1.2 El cromo.....	9
1.3 Efectos del Cromo sobre la salud.....	10
1.4 Efectos del Cromo al medio ambiente.....	11
1.5 Banano de rechazo.....	12
2. JUSTIFICACION	14
3. DELIMITACIONES DEL ESTUDIO	15
4. OBJETIVOS	16
4.1 Objetivo General.....	16
4.2 Objetivos Específicos	16
5. MARCO TEORICO	17
5.1 El cuero en Europa:	18
5.2 El cuero en América Latina.	19
5.3 Colombia:.....	21
5.4 El curtido del cuero.....	24

5.5 Etapas del proceso de curtido.	27
5.5.1 Recepción de la materia prima.....	27
5.5.2 Curado y desinfectado.	28
5.5.3 Pelambre.	28
5.5.4 Desencalado.....	29
5.5.5 Descarnado.	29
5.5.6 Desengrasado.....	29
5.5.7 Piquelado.	29
5.6 Curtido.....	30
5.6.1 Curtido con Cromo:	30
5.6.2 Curtido con agentes vegetales (taninos):	30
5.7 Secado.....	31
5.7.1 Engrasado.	31
5.7.2 Acabados.	32
5.7.3 Impacto Ambiental del proceso de curtido al Cromo.	32
5.8 Curtido vegetal.	34
5.8.1 Los Taninos:	34
5.8.2 Curtientes vegetales comerciales:	34
6. METODOLOGIA.....	36
6.1 Tipo de estudio.	36
6.2 Población.....	36
6.2.1 Procedimiento para la recolección y procesamiento de la información.	36
6.3 Curtido al Cromo Vs curtido con banano de rechazo.....	37
6.3.1 Curtido con banano de rechazo.....	37
6.3.2 Curtido con Cromo:.....	38

6.4	Formato de encuesta.....	39
6.4.1	Encuesta a la industria curtiembre:.....	39
7.	COSTOS DEL PROCESO DE CURTIDO.....	40
7.1	costos para la transformación de 5 kg de piel húmeda en cuero.....	41
7.1.2	Mejoramiento técnico y productivo.....	44
8.	INSTRUMENTO PARA DIAGNÓSTICO.....	45
8.1	análisis de la encuesta:	46
8.2.1	Gráfica Proveedores.....	46
8.2.2	Gráfica de Precio.	47
8.2.3	gráfica Consumo de cromo.	48
8.2.4	Gráfica Curtiente más usado.....	49
8.2.5	<i>Gráfica Velocidad del proceso</i>	50
8.2.6	<i>Gráfica Promoción de taninos naturales</i>	50
8.2.7	Gráfica nuevas tecnologías	51
9.	CONCLUSIONES.....	59
10.	RECOMENDACIONES.....	60
11.	BIBLIOGRAFIA.....	61

Lista de Tablas

TABLA 2 COSTOS FIJOS Y VARIABLES, CURTIDO TRADICIONAL.	40
TABLA 3 CURTIDO DE 5 KG DE PIEL (CROMO VS BOLEJA).....	41
TABLA 4 MAQUINARIA Y EQUIPOS	42
TABLA 5 FICHA TÉCNICA	42
TABLA 6 GASTOS OPERATIVOS PRODUCCIÓN AL CROMO.	43
TABLA 7 GASTOS PRODUCTIVOS CON TANINOS.	43
TABLA 8 COSTOS Y GASTOS FIJOS.....	44
TABLA 9 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES 2017	58

Lista de Ilustraciones.

ILUSTRACIÓN 1: CURTIEMBRES EN COLOMBIA	22
ILUSTRACIÓN 2: PRODUCCIÓN DE CUEROS EN COLOMBIA.....	22
ILUSTRACIÓN 3: NORMATIVIDAD RELACIONADA EN COLOMBIA	23
ILUSTRACIÓN 4: CADENA PRODUCTIVA DEL CUERO	26
ILUSTRACIÓN 5: CONTAMINANTES EN RIBERA	32
ILUSTRACIÓN 6: CONTAMINANTES DEL CURTIDO AL CROMO	33
ILUSTRACIÓN 7: DIAGRAMA DE CURTIDO CON BOLEJA.....	37
ILUSTRACIÓN 8: DIAGRAMA DE CURTIDO AL CROMO	38
ILUSTRACIÓN 9: FOTOGRAFÍAS (PROCESO DE CURTIDO).	52

1. PROBLEMA

1.1 Planteamiento.

El curtido al Cromo es el método de transformación de cuero más usado a nivel industrial en Colombia y al mismo tiempo el más contaminante, teniendo esto serias implicaciones en la salud, como por ejemplo su alta relación con el cáncer en personas que estuvieron en contacto con el mismo.

El uso del Cromo en la industria curtiembre se debe a la calidad del producto que se obtiene con el mismo; las sales generan un curtido más uniforme y rápido, y se obtiene, además, una mayor superficie. En contraste con las sales de aluminio, estas hacen que el cuero se “hinche” y en ebullición se convierta en un material de consistencia gelatinosa, debido a que los complejos de Al que se unen a las proteínas se hidrolizan fácilmente (Téllez J 2008).

En la actualidad existen métodos para mitigar dicha contaminación como lo son el reúso de baños en el proceso (recirculación de reactivos), tanques de sedimentación e incluso tratamientos y sistemas alternativos muy completos como plantas de tratamiento de aguas para poder operar recuperando algo del Cromo del proceso.

Una alternativa es el uso de curtientes naturales (taninos) para hacer una producción más limpia, pero al mismo tiempo eficiente (tiempo) y de buena calidad en comparación con la obtenida a través del Cromo.

En el mercado existen diferentes curtientes naturales que ya han sido utilizados en el curtido de diferentes especies, tales como el quebracho (*Schinopsis balansae*), mimosa (*Acacia dealbata*), entre otros (Janneth et al., 2016).

Empresas reconocidas en el sector, como “cueros Vélez” han sacado al mercado colecciones de calzado con cueros curtidos a través de taninos, conocidos como “Wet White” los cuales no usan Cromo en el proceso.

Existen estudios en Colombia que demuestran que el banano verde de rechazo (boleja) es rico en taninos y que los mismos pueden ser extraídos de la fruta a través de diferentes procesos químicos (Velásquez Valderrama, 2004) y que luego de este proceso podrían usarse en la industria curtiembre. (A, Mancera, Demares, & Echeverry, 1977).

Colombia es un productor importante de banano a nivel mundial, principalmente en los departamentos de Magdalena, Guajira y Antioquia (Urabá). Se estima que de un 10 a un 20% del total de fruta que se produce en las zonas bananeras de Urabá (Antioquia) es de rechazo.

El banano verde de rechazo (boleja) puede ser aprovechado en la alimentación animal, si se incrementa su contenido de proteínas disponible y se disminuye el contenido de taninos, ya que posee un bajo contenido en fibra y proteína y un alto contenido en taninos.

El banano verde de rechazo es un residuo de cosecha, que posee un alto contenido en taninos y polifenoles y un bajo contenido en fibra y proteína. Los taninos son sustancias antinutricionales que impiden el uso del banano verde de rechazo en la alimentación animal, como fuente energética. La extracción selectiva con solventes es una ruta de separación para la obtención de taninos. (Velásquez Valderrama, 2004)

Se puede señalar entonces que al extraer taninos del banano de rechazo se estaría eliminando un factor antinutricional del mismo y convirtiéndolo de esta forma en un alimento más apropiado para la ganadería, pero el fondo de esta investigación se centrará en convertir esos taninos en un producto comercial que pueda ser utilizado en la industria curtiembre y pueda competir con productos similares ya existentes en el mercado.

Se estaría mitigando entonces un impacto ambiental en la región de Urabá al darle uso a la fruta de rechazo y al mismo tiempo estaríamos contribuyendo en el mismo sentido a la industria curtiembre al usar un agente curtiente mucho más amigable con el ambiente que el Cromo.

Teniendo en cuenta que en Colombia tradicionalmente han existido industrias curtiembres y que esto ha generado ingresos para el país. Vale la pena destacar que para que estas industrias sigan funcionando deben cumplir con la normatividad ambiental vigente y que de no ser así estarían sometidas a ser cerradas definitivamente o a incurrir en altos costos por multas o mejoras en su infraestructura.

Es preciso entonces estudiar métodos alternativos (amigables con el medio ambiente) para, en un futuro, ser desarrollados y contemplar la posibilidad de reemplazar los métodos tradicionales.

1.2 El cromo.

Elemento químico, símbolo Cr, número atómico 24, peso atómico 51.996; metal que es de color blanco plateado, duro y quebradizo. Sin embargo, es relativamente suave y dúctil cuando no está tensionado o cuando está muy puro. Sus principales usos son la producción de aleaciones anticorrosivas de gran dureza y resistentes al calor y como recubrimiento para galvanizados. El cromo elemental no se encuentra en la naturaleza. Su mineral más importante por abundancia es la cromita. Es de interés geoquímico el hecho de que se encuentre 0.47% de Cr₂O₃ en el basalto de la Luna, proporción que es de 3-20 veces mayor que el mismo espécimen terrestre.

Existen cuatro isótopos naturales del cromo, ⁵⁰Cr, ⁵²Cr, ⁵³Cr, ⁵⁴Cr, Se han producido diversos isótopos inestables mediante reacciones radioquímicas. El más importante es el ⁵¹Cr, el cual emite rayos gamma débiles y tiene un tiempo de vida media aproximadamente de 27 días. El cromo galvanizado y pulido es de color blanco azulado brillante. Su poder reflejante es 77% del de la plata.

Sus propiedades mecánicas, incluyendo su dureza y la resistencia a la tensión, determinan la capacidad de utilización. El cromo tiene una capacidad relativa baja de forjado, enrollamiento y propiedades de manejo. Sin embargo, cuando se encuentra absolutamente libre de oxígeno, hidrógeno, carbono y nitrógeno es muy dúctil y puede ser forjado y manejado. Es difícil de almacenarlo libre de estos elementos.

El cromo forma tres series de compuestos con otros elementos; éstos se representan en términos de los óxidos de cromo: cromo con valencia dos, CrO, óxido de Cr(II) u óxido cromoso; con valencia tres, Cr₂O₃, óxido de Cr(III) u óxido crómico, y con valencia seis, CrO₃, anhídrido de Cr(VI) o anhídrido de ácido crómico. El cromo es capaz de formar compuestos con otros elementos en estados de oxidación (II), (III) y (VI).

Se conocen también los peróxidos, ácido percrómico y perchromatos. Los halogenuros (fluoruro, cloruro, yoduro y bromuro) de cromo son compuestos bastante comunes de este metal. El cloruro, por ejemplo, se utiliza en la producción de cromo metálico mediante la reducción del cloruro cromoso, CrCl₂, con hidrógeno (Emsley 2001)

1.3 Efectos del Cromo sobre la salud.

La gente puede estar expuesta al Cromo a través de respirarlo, comerlo o beberlo y a través del contacto con la piel con Cromo o compuestos del Cromo. El nivel de Cromo en el aire y el agua es generalmente bajo. En agua para beber el nivel de Cromo es usualmente bajo como en el agua de pozo, pero el agua de pozo contaminada puede contener el peligroso Cromo (VI); Cromo hexavalente. Para la mayoría de la gente que come comida que contiene Cromo III es la mayor ruta de entrada de Cromo, como Cromo III ocurre naturalmente en muchos vegetales, frutas, carnes, levaduras y granos. Varias maneras de preparación de la comida y almacenaje pueden alterar el contenido de Cromo en la comida. Cuando la comida es almacenada en tanques de acero o latas las concentraciones de Cromo pueden aumentar. El Cromo III es un nutriente esencial para los humanos y la falta de este puede causar condiciones del corazón, trastornos metabólicos y diabetes. Pero la toma de mucho Cromo III puede causar efectos sobre la salud también, por ejemplo, erupciones cutáneas.

El Cromo (VI) es un peligro para la salud de los humanos, mayoritariamente para la gente que trabaja en la industria del acero y textil. La gente que fuma tabaco también puede tener un alto grado de exposición al Cromo. El Cromo (VI) es conocido porque causa varios efectos sobre la salud. Cuando es un compuesto en los productos de la piel, puede causar reacciones alérgicas, como es erupciones cutáneas. Después de ser respirado el Cromo (VI) puede causar irritación de la nariz y sangrado. Otros problemas de salud que son causado por el Cromo (VI) son;

- Malestar de estómago y úlceras
- Problemas respiratorios
- Debilitamiento del sistema inmune
- Daño en los riñones e hígado
- Alteración del material genético
- Cáncer de pulmón
- Muerte.

1.4 Efectos del Cromo al medio ambiente.

Hay varias clases diferentes de Cromo que difieren de sus efectos sobre los organismos. El Cromo entra en el aire, agua y suelo en forma de Cromo (III) y Cromo (VI) a través de procesos naturales y actividades humanas.

Las mayores actividades humanas que incrementan las concentraciones de Cromo (III) son el acero, las peleterías y las industrias textiles, pintura eléctrica y otras aplicaciones industriales del Cromo (VI). Estas aplicaciones incrementarán las concentraciones del Cromo en agua. A través de la combustión del carbón el Cromo será también emitido al agua y eventualmente se disolverá.

El Cromo (III) es un elemento esencial para organismos que puede interferir en el metabolismo del azúcar y causar problemas de corazón, cuando la dosis es muy baja. El Cromo (VI) es mayoritariamente tóxico para los organismos. Este puede alterar el material genético y causar cáncer.

Los cultivos contienen sistemas para gestionar la toma de Cromo para que está sea lo suficientemente baja como para no causar cáncer. Pero cuando la cantidad de Cromo en el suelo aumenta, esto puede aumentar las concentraciones en los cultivos. La acidificación del suelo puede también influir en la captación de Cromo por los cultivos. Las plantas usualmente absorben sólo Cromo (III). Esta clase de Cromo probablemente es esencial, pero cuando las concentraciones exceden cierto valor, efectos negativos pueden ocurrir.

No es conocido que el Cromo se acumule en los peces, pero altas concentraciones de Cromo, debido a la disponibilidad de metales en las aguas superficiales, pueden dañar las agallas de los peces que nadan cerca del punto de vertido. En animales el Cromo puede causar problemas respiratorios, una baja disponibilidad puede dar lugar a contraer las enfermedades, defectos de nacimiento, infertilidad y formación de tumores (Emsley 2001)

1.5 Banano de rechazo.

El banano de exportación se somete a un proceso de control de calidad intensivo, para que llegue a su destino en el estado de madurez acertado y libre de manchas, suciedades y cicatrices de maltrato. De acuerdo con la causa de rechazo, la fruta se clasifica en **boleja**, rechazo en empacadora y rechazo en puerto.

Cuando las expectativas de demanda de banano de exportación no se cumplen en el tiempo estipulado, el momento de corte de los racimos se supera y no permite que sean aprovechados para exportaciones futuras. Esta fruta queda disponible en los campos y es la denominada boleja, la cual se estima entre un 5% y 10% de la producción de exportación anual (Saldarriaga, 1982).

En la etapa de selección y empaque, se presentan rechazos en las operaciones de desgaje y desmane. En la primera se inspeccionan las dimensiones de la fruta, y en la segunda, las condiciones de la cáscara. De este modo, el rechazo de empacadora resulta de la exigencia de calidad estipulada por las comercializadoras de banano. Este rechazo se estima entre un 15% y 20% del total de la producción de exportación anual.

En las terminales portuarias, previamente al embarque del banano, se realiza un último control de calidad, para desechar la fruta que pudo maltratarse en el transporte desde las plantaciones a la terminal. El rechazo en puerto es mínimo y lo han estimado en 2% de las exportaciones anuales.

La producción de banano se rige por un estricto control de tiempos que garantiza que, una vez la fruta arribe al consumidor internacional, su estado de madurez sea el óptimo requerido. Para cumplir esas exigencias, la fruta sale del puerto colombiano en estado verde y en condiciones controladas de maduración. De ahí que el banano de rechazo disponible en Urabá se encuentra en ese estado de madurez.

El estimativo más reciente del volumen de banano de rechazo generado en Urabá lo publicó Banatural (2003), y fue de 250.000 toneladas al año. Considerando que en 2002 el banano producido de exportación fue de 1.077.361 toneladas (Agrocadenas, 2004), el estimativo del volumen de rechazo equivale a 23,2% aproximadamente. Esto significa que los estimativos hechos

desde la década de 1980 han permanecido constantes a lo largo del tiempo. No obstante, cabe destacar que aunque el banano de rechazo es abundante, no se cuenta con series estadísticas y reportes en condiciones confiables de cuantificación y seguimiento, que muestren el volumen disponible real de banano para la industria alcohólica.

Adicionalmente, es evidente que, desde el inicio del problema ambiental causado por el banano de rechazo, se han desarrollado diversas soluciones. Es así como «la fruta que no cumple con las exigencias de calidad ... se destina esencialmente a abastecer la demanda nacional; en otros casos es una fuente importante de materia orgánica (compost) o alimento para ganado» (SENA, 2003, p. 61). En este sentido se destaca la solución promovida por Banatura, que ha liderado proyectos de producción de bioabono a partir del banano y vástago en algunas fincas bananeras, actividad establecida con propósitos sociales, económicos y ambientales como la generación de empleo, fortalecimiento del tejido social y mejoramiento del ambiente (Londoño et al. 2002). Así mismo, existen tendencias en estudios recientes a desarrollar soluciones al problema ambiental desde el proceso (producción más limpia y ecoeficiencia), encaminadas a disminuir el volumen de rechazo. (Olarte y Melida, 1991; Pasberg-Gauhl, 2002).

Es incierto verdadero volumen de banano disponible para producir derivados como los taninos, por ende, es imperativo realizar un estudio de materia prima con indicadores y perspectivas de su disponibilidad real; pues si bien el banano de rechazo sería una materia prima de bajo costo, la instalación de una planta demandaría como mínimo un volumen estándar que asegure la producción requerida de taninos.

2. JUSTIFICACION

El sector curtiembre ha sido uno de los sectores más dinámicos de la industria en Colombia durante las últimas décadas. La industria curtiembre colombiana tiene la inmensa potencialidad de expandirse en la medida en que aumente la demanda en los mercados internacionales ya que Colombia es un país en constante crecimiento en ganadería. Adicionalmente el mercado nacional es cada vez más demandante ya que el tema de la moda es de vital importancia para la economía. Existen ferias especializadas como Colombiamoda, Inexmoda e International Leather Show.

El curtido de cuero (con Cromo) es el usado tradicionalmente por las grandes curtidurías en el país, pero hay una tendencia a producciones más limpias y es por esto que se vienen desarrollando cueros cuyo proceso es de origen vegetal y no mineral.

Existen en el mercado curtientes vegetales como el quebracho y la mimosa y los cueros que se obtienen con los mismos son conocidos como Wet White.

Se analiza entonces la viabilidad de transformar pieles con taninos provenientes del banano de rechazo para que pueda ser una nueva alternativa a esta tendencia mundial de producciones más limpias.

Una ventaja de utilizar los taninos del banano de rechazo para el proceso de curtido sería el aprovechamiento de este subproducto que tendría un costo bajo con relación a los curtientes mencionados anteriormente.

Se ha demostrado que tanto la cáscara como el fruto de banano son ricos en taninos y se pretende que siendo extraídos puedan llegar a usarse en el desarrollo de una formulación para un proceso de curtido.

Una vez desarrollada esta fórmula se busca también darle un uso a la fruta de rechazo, que en zonas como el Urabá llega a ser considerada una problemática ambiental, ya que en ocasiones la fruta de rechazo es simplemente abandonada en cualquier lugar, generando malos olores y convirtiéndose en un ambiente ideal para la proliferación de enfermedades.

Se estima que de un 10 a un 20% del total de fruta que se produce en las zonas bananeras de Urabá (Antioquia) es de rechazo.

El banano verde de rechazo puede ser aprovechado en la alimentación animal, si se incrementa su contenido de proteínas disponible y se disminuye el contenido de taninos, ya que posee un bajo contenido en fibra y proteína y un alto contenido en taninos. (Velásquez Valderrama, Á. M. 2004)

La industria curtiembre actualmente utiliza taninos de origen vegetal en sus procesos, siendo los más comercializados: el quebracho, la mimosa, el mangle, divi divi, entre otros.

Si se lleva a cabo el desarrollo de una fórmula de curtido basada en la extracción de taninos de la fruta del banano se estaría sumando al proceso de curtido, un insumo que ya es utilizado y extraído de diferentes fuentes como ya fue mencionado. Dando así un valor agregado al banano de rechazo ya que podría utilizarse como alimentación de animales al mejorar su palatabilidad y al mismo tiempo darle el uso de curtiente en su respectiva industria.

A pesar de ser un proceso que requiere más tiempo, el curtido vegetal puede llegar a nivelarse con el mineral al llegar a comparar las ventajas y debilidades de ambos.

Es por esto que se pretende analizar diferentes aspectos en los dos tipos de curtición a modo experimental y a una escala no industrial para analizar esas ventajas en cuanto a costos, cuidado del medio ambiente, tiempo del proceso, entre otros.

3. DELIMITACIONES DEL ESTUDIO

El periodo de estudio se ejecuta desde el mes de febrero del 2017 hasta de noviembre de 2018 en el municipio de Caldas- Antioquia.

Este proyecto tiene como fin la viabilidad del uso de taninos (obtenidos a partir del banano de rechazo) para la industria curtiembre, comparando este proceso con el tradicional al Cromo.

Con la formulación de este proceso se busca aprovechar el banano de rechazo de la zona del Urabá Antioqueño, en donde esta fruta representa una problemática ambiental.

Si la formulación es exitosa podría analizarse una posible comercialización de la misma inicialmente en el departamento de Antioquia, en los municipios cercanos a la ciudad de Medellín en donde tradicionalmente se trabaja el proceso del cuero.

Actualmente las industrias colombianas usan en su mayoría el Cromo para su proceso de curtido. No obstante, algunas de ellas tienen procesos alternativos con taninos naturales que por lo general son desarrollados a una menor escala.

El uso del cromo ha representado problemas serios en el medio ambiente y en la salud humana y por eso también se pretende resaltar los beneficios del método alternativo (Boleja)

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo General

Analizar la viabilidad del uso de taninos del banano de rechazo en el proceso industrial de curtición de cuero.

4.2 Objetivos Específicos

- Realizar una demostración práctica con el fin de establecer una fórmula de curtido natural a partir de la extracción de taninos del banano de rechazo (Boleja).
- Comparar el proceso tradicional de curtido del cuero y un proceso alternativo usando taninos vegetales a partir del banano de rechazo.

5. MARCO TEORICO

Dado que este trabajo se centrará en el proceso de curtido del cuero con métodos tradicionales y alternativos y de su relación con el medio ambiente y otros factores, es importante contextualizarse con lo que es el proceso de curtido no solo en nuestros días sino a través de la historia, llegando a convertirse en una importante industria a nivel mundial y local.

El curtido es el proceso de transformación de las pieles animales en cuero, por la reacción de las fibras de colágeno de la piel con agentes curtientes; para, de esta forma, estabilizar las fibras, mediante la formación de complejos tipo quelatos, con el fin de evitar su descomposición y facilitar su uso. El producto final es empleado como materia prima para la fabricación de productos de calzado, marroquinería, talabartería, tapizados, entre otros.

Las pieles de animales han estado ligadas a la cotidianidad de los seres humanos desde los tiempos prehistóricos; han constituido un elemento fundamental, con múltiples usos en el hogar y en la industria, continuando vigente a pesar de los enormes avances en los procesos tecnológicos que determinan innovaciones en la fabricación y en las características de los productos, incluidos los de consumo masivo como el calzado.

Civilizaciones como la hebrea, babilónica y egipcia desarrollaron diferentes técnicas y tratamientos para transformarlos. Hoy, el cuero sigue siendo un producto de consumo masivo en diversos sectores de la industria.

Es importante entonces revisar el estado de esta industria en Colombia y su relación con el medio ambiente. Permittedo, posiblemente la entrada en el mercado, de nuevas tecnologías que apunten a una producción más limpia.

5.1 El cuero en Europa:

La producción de cueros en Europa ocupa hoy un renglón importante; es el principal productor de cuero del mundo, a pesar del creciente aumento de producción en Asia y América. Con relación a otras partes del mundo Europa tiene una similar organización de la empresa; por ejemplo, sólo 10 empresas en Europa poseen más de 200 empleados, sólo el 1% tiene entre 101 y 200 empleados, y el 8.5%, entre 21 y 100, así que se entiende que la gran mayoría de las curtiembres en este continente son negocios pequeños. Se estima que el volumen de negocio en Europa es de aproximadamente 8 billones de euros al año, gracias a las más de 3.000 empresas que emplean a 50.000 personas, demostrando su competitividad en el mercado mundial

El mercado europeo se centra en Italia que es el mayor productor de cueros en el continente europeo, posee el 60% de las compañías y exporta más del 70 % de la producción total de Europa; este país posee el 15 % de la producción mundial de cuero y en la Unión Europea es el principal productor con el 65% de la fabricación total (EPA, 2003). Por esta razón es el país referente del continente en cuanto a temas de producción, comercio y gestión ambiental relacionados con las curtiembres. Italia, además, maneja los más altos estándares de calidad en la prevención de la contaminación; realiza buenas prácticas como: sustitución de sustancias contaminantes, integración de procesos, manejo y tratamiento de agua residual y disposición final del lodo.

Por su importancia en la producción y comercialización del cuero es conveniente conocer lo que Italia hace en relación con la producción y la gestión ambiental. Se estima que el costo del material para la producción de cuero está entre 50 y 70% del costo total de producción; entre el 7 y 15% está constituido por mano de obra; alrededor del 15% representado en químicos; el 10% en energía y el 5% restante en costos de tratamiento de desechos. En Europa se aplica un control ambiental y uso de tecnologías eficientes que reducen de manera importante el impacto ambiental generado por estas prácticas. (Euroleather, 2012).

Debido a la gran producción de cuero del país existe un control por parte del Estado con el fin de preservar el medio ambiente, mediante el cual se exige una producción limpia y eficiente. Por

ello, se pueden encontrar sistemas de tratamiento eficaces. Para lograr este objetivo se han propuesto varias acciones: Sustitución de sustancias contaminantes como: colorantes en polvo con líquidos para reducir emisiones; selección de colorantes y otras sustancias que tengan menor impacto en el medio ambiente; sustitución de colorantes fáciles de agotar y sustitución de colorantes con altos niveles de sales y sustitución de sales halogenadas por sulfatos de vinilo reduciendo la carga de AOX (sustancias organohalogenadas) De igual forma es necesario realizar la integración de procesos. En esta etapa se requieren buenas prácticas para la reducción de sustancias: curado y remojado del cuero sin utilización de sal; pelambre y encalado, utilizando tecnologías de salvar pelo se pueden reducir COD (carbono orgánico total); mejoramiento en la utilización de la cal para darle valor a los residuos del proceso; Decapado reciclaje en el proceso del curtido proceso, la más común es la unidad de reciclaje del sulfato cromo en el cual se recicla y reemplaza entre un 20-35% del cromo nuevo que entra en el proceso, esta unidad es capaz de reciclar el 100% del cromo residual generado, y lavado de piles de manera natural por medio de lluvia, generando un ahorro significativo en el consumo de agua, sujeto a condiciones climáticas.

El manejo y tratamiento de agua residual es uno de los aspectos más importantes para reducir el consumo y maximizar los tratamientos, los cuales se desarrollan mediante las siguientes fases: Pretratamiento, que comprende la remoción de grasas por flotación, la oxidación de sulfatos en el encalado y enjuague y la precipitación de cromo; tratamiento primario, compuesto por la coagulación, la floculación y la sedimentación, y finalmente, el tratamiento biológico en el que se encuentran los lodos activados y los lodos activados con nitrificación y desnitrificación. (Euroleather, 2012).

5.2 El cuero en América Latina.

La industria del cuero es altamente contaminante y los países de América latina no son ajenos a esta situación, en donde se debe invertir en mitigar y prevenir daños ambientales, siendo este un costo considerable, además de ser el causante del cierre de muchas empresas.

Se tomará como ejemplo la situación en países con importancia en la industria curtumbre de la región de América Latina.

Uno de los países importantes de esta industria en la región es Argentina, en donde el sitio de mayor concentración de este tipo de empresas es la cuenca del río “Matanza-Riachuelo” en la provincia de Buenos Aires, al sur de la Capital Federal, en las localidades de Avellaneda y Lanús,

y en menor medida en Lomas de Zamora y la Matanza. El río en mención recorre 80 Kilómetros, por 14 municipios y parte de la ciudad de Buenos Aires. En esta región están radicados más de 24.000 establecimientos industriales y comerciales, entre los que se destacan como mayores contaminantes las curtiembres, junto con los frigoríficos, las industrias de galvanoplastia y petroquímicas. El sector de las curtiembres que agrupa 170 empresas, es señalado como el responsable del 50% de la degradación ambiental. (Greenpeace 2012).

En relación con los aspectos ambientales de la industria, se precisa que las curtiembres utilizan en sus procesos un m³ de agua por cada cuero. Además, la presencia del cromo convierte el tratamiento de los efluentes en uno de los grandes retos. Por esta razón, en los años 90 se comenzó la instalación de plantas de recuperación conjunta en las localidades de Lanús y Avellaneda, al sur del Gran Buenos Aires. La mayor preocupación es poder reciclar los licores de cromo, debido a que, en la actualidad, aproximadamente el 85% de los cueros se curten con cromo.

En Venezuela, hay un número no determinado de pequeñas y medianas empresas dedicadas a esta actividad, algunas de ellas funcionando de manera artesanal y la mayoría sin la infraestructura necesaria para minimizar los impactos ambientales, especialmente los relacionados con la contaminación del agua.

En este país se están implementado algunas metodologías de producción más limpia como: mejoras en el nivel de eficiencia en el proceso de curtido, estandarizando y ensayando las dosis de productos químicos curtientes; el desencalado con CO₂, evitando el uso de sales amoniacales; eliminación mecánica de la sal para empresas que trabajen con cueros salados; reciclaje de los baños de curtido al cromo, y reducción del consumo de agua.

En el Ecuador, la industria de las curtiembres es una de las más importantes a nivel de las provincias del centro del país, y se concentra en la provincia de Tungurahua, con aproximadamente el 90% de la misma a nivel nacional. Teniendo una situación similar a la de los demás países latinoamericanos en cuanto al manejo ambiental.

Los procesos y las materias primas utilizadas son muy similares. Uno de los grandes problemas es el reciclaje del cromo, considerando que más del 85% de los cueros se tratan con este producto. Otra gran preocupación la genera el alto consumo de agua por cada cuero tratado. En relación con la normatividad, existe amplitud en su número y campo de dominio. Sin embargo, esto no se traduce en aplicación y en resultados favorables para el medio ambiente. (Reyes, Lobo & Feher, 2009).

5.3 Colombia:

El departamento de Antioquia fue la región donde se realizaron las primeras actividades del sector de las curtiembres, con algún grado de organización empresarial en los años veinte. Esto se puede explicar en la demanda de materiales de cuero que implicaba el desarrollo de la colonización antioqueña en el occidente del país. Más tarde, en los años cincuenta, en los municipios de Villapinzón y Chocontá, al norte del departamento de Cundinamarca se instalaron pequeñas empresas dedicadas a esta labor. Algunos de estos productores se trasladaron a comienzos de los años sesenta al sur de Bogotá, al sector de San Benito en la orilla del Río Tunjuelito. (Yulier, Buitrago, & Romero Coca, 2018).

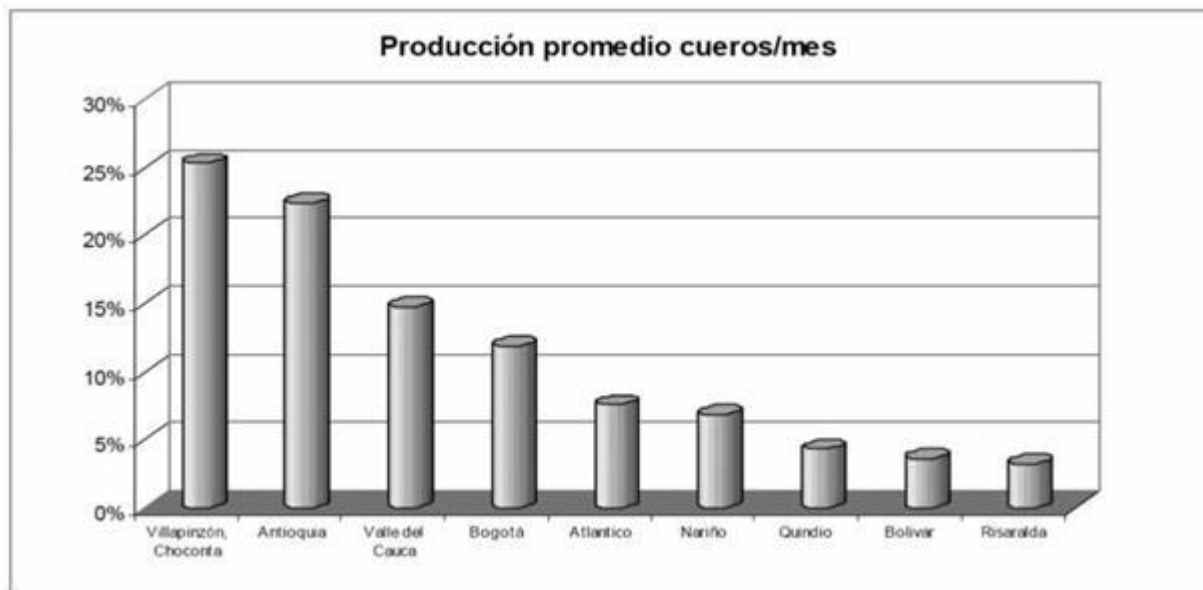
En la actualidad, el departamento de Cundinamarca concentra el 80% del total de las curtiembres existentes en el país, con una producción promedio de 103.000 cueros, que equivalen al 38% del total nacional. En general los procesos y el avance en tecnificación han logrado mejorar la industrialización. La CAR (Corporación Autónoma Regional) con sus respectivas investigaciones y mecanismos utilizados en la regulación les ha dado iniciativa a los empresarios para que promuevan mejores alternativas de procesamiento desde el punto de inversión. Los empresarios del sector quienes en su gran mayoría son familias han generado cambios fundamentales e importantes para mejorar las condiciones en sus procesos productivos, lo que ha generado un incremento en las inversiones tanto de empresarios como de investigadores, creando modelos económicos, sociales e industriales que han transformado el mundo de las pequeñas y medianas empresas del sector a nivel nacional.

Ilustración 1: Curtiembres en Colombia

Ciudad	No. Curtiembres	Porcentaje en el mercado
Bogotá	350	52.71%
Cundinamarca	190	28.61%
Nariño	64	9.64%
Quindío	27	4.07%
valle del cauca	22	3.31%
Antioquia	7	1.05%
Atlántico	2	0.30%
Bolívar	1	0.15%
Risaralda	1	0.15%
	664	100%

Fuente: Corporación Autónoma Regional, 2015

Ilustración 2: Producción de Cueros en Colombia



Fuente: CAR, 2015

Ilustración 3: Normatividad relacionada en Colombia

NORMA/LEY	RESUMEN
Ley 99	Se crea el Ministerio del medio ambiente, ahora, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, las Corporaciones Autónomas Regionales y otras autoridades ambientales, lo que permite administrar supervisar, controlar y vigilar el uso y la distribución de los recursos naturales, controlar la contaminación hídrica, establecer uso de las fuentes de agua y vigilar la calidad del agua en las áreas de su jurisdicción.
Ley 9 de 1979	Por la cual se dictan medidas sanitarias y establece las normas generales que servirán de base a las disposiciones y reglamentaciones necesarias para preservar, restaurar y mejorar las condiciones sanitarias en lo relacionado con la salud humana. Instauro los procedimientos y las medidas que se deben adoptar para la regulación, legalización y control de las descargas de residuos y materiales que afectan las condiciones del medio ambiente.
Ley 373 de 1977. (Recursos hídricos).	Esta ley promueve la creación de proyectos regionales para el uso eficiente y ahorro del agua, por parte de aquellas entidades que hacen uso del acueducto, alcantarillado y drenaje del agua. De este modo el Gobierno Nacional por medio de las Corporaciones Autónomas Regionales y entidades prestadoras del servicio de alcantarillado y de acueducto, busca promover el reciclaje del líquido, y evitar contaminación de la misma por medio de proyectos de conocimiento general al público. Por otro lado por medio de planes docentes, llevados a cabo por medio de los Ministerios de Ambiente y de Educación, se busca que la sociedad en general conozca temas relacionados con el uso racional y eficiente del agua.
Resolución 2309 de 1986. (Residuos especiales).	Residuos sólidos y normas sanitarias aplicables al almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición sanitaria de los mismos. En la cual se define diferentes términos importantes como residuo tóxico, patógeno, especial, combustible, inflamable, radioactivo, volatilizable, etc. Además se dan lineamientos para transporte, tratamiento, disposición sanitaria, almacenamiento, etc. Se establecen las sanciones para los infractores. Esta resolución es importante porque da tratamiento a aquellos desechos poco usuales o que son diferentes a los domiciliarios, debido a que si se tratan igual podría afectar la salud de aquellas persona que tenga contacto con ellos y se afecta el medio ambiente de manera importante.
Decreto 605 de 1996. (Residuos sólidos)	Reglamenta la Ley 142 de 1994 (Régimen de los servicios públicos domiciliarios) en relación con la prestación del servicio público de aseo, su recolección, disposición, transporte y aprovechamiento de residuos sólidos. Prohibiciones, sanciones y procedimientos. Por medio de la cual se definen todos los instrumentos que forman parte del sistema de recolección, además se deja claro quién y cómo se debe hacer la recolección de basura para su próxima disposición final. Esta medida fue tomada para hacer más eficiente el modelo de recolección que se estaba llevando en las ciudades además deja claro que se puede aprovechar y que se puede desechar.
Decreto 838 de 2005	El decreto establece definiciones sobre los desechos sólidos, su recolección y su depósito. Además hace mención a los lugares donde se pueden crear y construir lugares destinados para el depósito de basuras, y ofrece capacidades a los alcaldes y gobernadores según los planes de ordenamiento territorial existentes. Además, establece que en dichos lugares (botaderos de basura), los ciudadanos (y para efectos del proyecto empresas curtidoras) deben depositar los desechos que NO son aprovechables de nuevo, y que aquellos recursos que de algún modo sean riesgosos para la salud de los seres humanos deben ser desechados en bolsas especiales y recogidos por entes especiales. El presente decreto no establece más que medidas preventivas sobre los residuos que se generan.
Decreto 1594 de 1984	Comprende los usos de agua y residuos líquidos, y contiene las normas vigentes sobre calidad del agua, calidad de los vertimientos, autorización de los mismos y criterios y métodos de análisis

Fuente: Autor

Uno de los sectores referentes en la industria curtiembre en Colombia es el barrio San Benito, ubicado al sur de la ciudad de Bogotá. Este sector tradicional ha reunido por más de cuarenta años alrededor de trescientas industrias o empresas relacionadas con la producción del cuero.

Desde el año 2016 se viene haciendo seguimiento a las empresas que allí operan por parte de la autoridad ambiental, dejando como saldo en los más recientes operativos (2018) en la zona. Que menos del 50% de estas empresas pudo seguir operando ya que no contaban con el permiso de vertimientos y fueron selladas.

El tema ambiental es tan preocupante en la zona que algunas administraciones han propuesto un Sistema Centralizado de Tratamiento de Aguas Residuales (Sctar) que reciba los desechos de todos los industriales del sector. Costaría unos \$12.000 millones y ya cuenta con estudios de prefactibilidad según el diario “El Espectador”.

La situación en Colombia demuestra que es importante desarrollar un modelo de gestión ambiental que en vez de estimular la creación de plantas de tratamiento, incremente la aplicación de buenas prácticas y la reutilización de productos; de esta forma, existiría una reducción en los costos del agua y los químicos utilizados en el proceso, lo que se verá reflejado inmediatamente en la reducción de la contaminación ambiental, en concordancia con la exigencia de la normatividad vigente en Colombia.

El sector curtiembre reconoce que las plantas de tratamiento pueden llegar a ser solución al problema ambiental pero la mayoría de ellas no están en capacidad de hacer esta inversión ni tienen la capacidad de soportar la cantidad de empleos que estas requerirían.

5.4 El curtido del cuero.

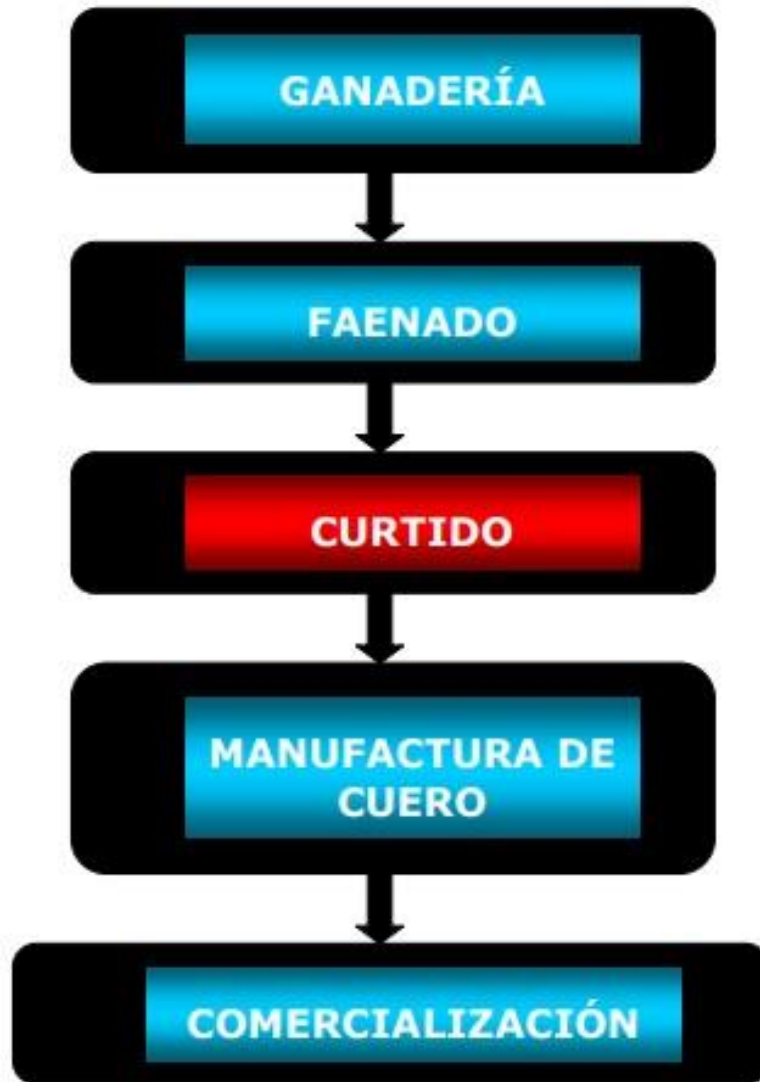
En el proceso de curtido de cuero se emplean fundamentalmente dos métodos: uno en base de sales de cromo y otro a base de agentes vegetales. Tradicionalmente es más usado el curtido al cromo debido a la rapidez del proceso, que a su vez es altamente contaminante si no se le da un uso adecuado (Raisman y González, A. M. 2002).

La curtición es el proceso mediante el cual se convierten las pieles de los animales (bovinos, ovinos y porcinos) en Cuero. Una de las principales preocupaciones relacionada con su procesamiento es el uso de técnicas de producción que disminuyan la contaminación residual, sea

sólida o líquida. En el proceso de pieles saladas, sólo una parte es transformada en cuero; el resto es eliminado bajo forma de desecho sólido o como efluente en solución. (Porrás, 2010).

El proceso de conversión de las pieles animales en cueros durables utilizando extractos de plantas en regiones sudamericanas data de al menos 2000 años atrás. Los taninos ocupan una parte de la línea fronteriza en ciencias entre la Botánica y la Química. Aunque la importancia de los taninos vegetales en diversas disciplinas científicas ha sido reconocida, no es fácil dar una definición firme. Desde un punto de vista ambiental, el rubro curtiembre siempre ha sido mirado como una industria contaminante neta, sin tener en cuenta que aprovecha un subproducto altamente putrescible y de biodegradación lenta (taninos). Ahora bien, es cierto que el proceso del curtido genera una importante carga contaminante, sin embargo, tomando las medidas y precauciones necesarias, esta puede contrarrestarse adecuadamente (Janneth *et al.*, 2016).

Ilustración 4: Cadena productiva del cuero



Fuente: Manual Ambiental Sectorial SENA 2004

5.5 Etapas del proceso de curtido.

En el proceso de curtido de cuero, tanto con sales de cromo como con agentes vegetales, se cumplen las siguientes etapas:

- a. Recepción de la materia prima.
- b. Pre-tratamiento.
- c. Curado y desinfectado.
- d. Pelambre.
- e. Desencalado
- f. Descarnado.
- g. Desengrasado.
- h. Piquelado.
- i. Curtido (al cromo o vegetal)
- j. Secado
- k. Engrasado.
- l. Acabados

A continuación, se describen las etapas del proceso de curtiembre, tanto con el uso de sales de cromo, como con agentes vegetales:

5.5.1 Recepción de la materia prima.

Las pieles crudas tienen un alto contenido de humedad y pueden tener graves defectos por lo que inicialmente se realiza una inspección visual para asegurarse de que cumplan con los requisitos de calidad y de esta forma evitar su deterioro. Durante la etapa de recepción de las pieles se genera agua residual, proveniente del escurrido de la humedad contenida en las pieles y pieles rechazadas.

Pre-tratamiento. Las pieles son pesadas y clasificadas por tamaño y por especie. Posteriormente se procede a recortar las partes del cuello, la cola y las extremidades. Las pieles son lavadas para

su rehidratación, así como para eliminar residuos de sangre, excretas y otras suciedades contenidas. Para este lavado se utiliza hidróxido de sodio, hipoclorito de sodio y detergentes. Para el desarrollo de esta etapa del proceso se utiliza agua y sustancias químicas (hidróxido de sodio, hipoclorito de sodio y detergentes) para el lavado de la piel. Como resultado, se generan aguas residuales, residuos sólidos (recortes de piel) y envases vacíos de las sustancias químicas utilizadas.

5.5.2 Curado y desinfectado.

Las pieles en bruto se curan, salándolas o secándolas. El método más frecuente es el uso de sal en las dos formas siguientes: la salazón húmeda o el curado con sal muera. Durante esta operación se emplean grandes volúmenes de agua que arrastran consigo tierra y materia orgánica, así como residuos de sangre y estiércol.

El curado con salmuera es un método más rápido y por ende, el más usado: las pieles se colocan en grandes cubas que contienen desinfectantes (bicloruro de mercurio y ácido fénico), bactericidas (sulfato de sodio y ácido bórico) y una solución de sal próxima a la saturación. Luego se agita para mejorar el contacto de la piel con la solución, después de pasar unas 16 horas en el fulón.

Para el desarrollo de esta actividad se requiere de agua, energía eléctrica para el agitador, sal y sustancias químicas (desinfectantes y bactericidas). Como resultado de la actividad se generan aguas residuales, residuos sólidos de piel y los envases vacíos de los productos químicos.

5.4.3 Pelambre.

Para el desarrollo de esta actividad se requiere de sustancias químicas (cal y sulfuro de sodio) y agua para la preparación de las soluciones. Durante esta etapa se generan aguas residuales y envases vacíos de los productos químicos.

5.5.4 Desencalado.

Esta etapa demanda de una gran cantidad de agua para el lavado de las pieles y para la preparación de las soluciones de los productos químicos (ácidos) para la neutralización del agua y piel, generándose un importante volumen de aguas residuales y los envases vacíos de las sustancias químicas utilizadas.

5.5.5 Descarnado.

Antes de comenzar la etapa de curtido se procede al descarne, donde se separan las grasas y carnazas que todavía permanecen unidas a la parte interna de la piel.

5.5.6 Desengrasado.

Para el desarrollo de esta etapa se requiere de agua para la preparación de las soluciones de los productos químicos utilizados en el desengrasado y productos químicos (solvente y/o detergente). Durante el proceso se generan aguas residuales y envases vacíos de los productos químicos.

5.5.7 Piquelado.

En esta etapa se requiere el uso de sustancias químicas y agua para el preparado de las soluciones. Como resultado de la actividad se generan aguas residuales y envases vacíos de los productos químicos usados.

5.6 Curtido.

A continuación, se describe el proceso de curtido, tanto a base de sales de cromo, como a base de agentes vegetales:

5.6.1 Curtido con Cromo:

El proceso de curtido a base de sales de cromo, es el más utilizado, pero el más contaminante por efecto tóxico del Cr. Este método permite estabilizar el colágeno de la piel mediante agentes curtientes minerales transformando la piel en cuero.

En los curtidos minerales se emplean diferentes tipos de sales de cromo en muy variadas proporciones. Antes de entrar al proceso de curtido se hace el escurrido de la piel para eliminar el mayor contenido de humedad. Para desarrollar este proceso la piel es introducida en una máquina llamada divisora. La acción del cromo trivalente en un medio ácido (ácido clorhídrico), permite convertir a la piel en cuero (material estable), impidiendo su degradación. El tiempo de duración del proceso de curtido es de 8 a 24 horas. El cromo que no es absorbido por el cuero es reutilizado. Una vez secos los cueros se someten a diversos procesos de ablandamiento, quedando listos para su terminación o acabado final, luego se agregan algunos productos, que, en combinación con procesos mecánicos, hacen que el cuero sea más durable y resistente.

En la etapa de curtido se prepara el cuero mediante dos procesos: el primero es el proceso mecánico de post-curtición, el cual le da un espesor específico y homogéneo al cuero, el segundo es el proceso químico de postcurtición, que es el neutralizado, recurtido, teñido y engrasado del cuero. En esta etapa del proceso se utiliza energía eléctrica para el funcionamiento de la maquinaria, agua para la preparación de las sales de cromo y sustancias químicas. Como resultado de la etapa se generan aguas residuales y envases vacíos de los productos químicos.

5.6.2 Curtido con agentes vegetales (taninos):

El curtido vegetal ayuda a la conservación de la fibra y le proporciona ciertas características de morbidez al tacto y elasticidad que son consecuencia de los materiales curtientes y de los métodos de trabajo que se emplean. En este proceso de curtido se emplean extractos vegetales (cortezas de

árboles, maderas, hojas, raíces), en su mayoría de plantas tropicales o subtropicales como la mimosa, el quebracho o el castaño, roble o corteza de pino. O en este caso Taninos obtenidos del banano de rechazo (boleja).

Los cueros se sumergen en un licor curtiente vegetal compuesto por agua, tanino, alumbre y sal, durante el tiempo necesario para que se impregne totalmente el agente curtiente. Como el proceso de curtido propiamente dicho se lleva a cabo en un medio ácido es importante controlar el pH de la solución, el cual debe mantenerse en un valor aproximado de pH 5.

Para corregir las desviaciones del pH que puedan ocurrir, se agrega el alumbre que es una sal ácida y el cloruro de sodio (sal común), que es una sal básica. Si el pH se torna alcalino, deberá agregarse una sal ácida (alumbre), en el caso contrario, si el pH se desvía hacia la acidez, se agregará una sal básica (cloruro de sodio).

En el desarrollo de esta etapa del proceso se requiere energía eléctrica, agua, alumbre, sal y extractos vegetales de taninos. Como resultado de la actividad se generan aguas residuales con carga orgánica y envases de los productos químicos utilizados.

5.7 Secado.

Depende de las propiedades que se desea proporcionar a los cueros procesados. La velocidad de secado es muy importante, a velocidades rápidas la superficie exterior puede secarse mientras las partes interiores se mantienen húmedas. El secado de los cueros se realiza, principalmente en los cueros de clase superior, según el procedimiento de la llamada desecación adhesiva, en la que se adhiere el cuero húmedo sobre platos de vidrio y se lo seca estirándolo.

5.7.1 Engrasado.

Durante el desarrollo de esta etapa se requiere de aceites engrasantes emulsionados (minerales y vegetales). Como resultado de la actividad existe el riesgo de potenciales derrames de aceites. Además, se generan envases de aceites.

5.7.2 Acabados.

En esta etapa se utiliza la prensa y las pistolas de pintura para dar la tonalidad final al cuero. Hay diversos acabados y van muy ligados a las tendencias de la moda.

5.7.3 Impacto Ambiental del proceso de curtido al Cromo.

En general por cada 1000 kg de pieles saladas que entran al proceso de curtición, se requieren en promedio 450 kg de diferentes tipos de insumos químicos. Como resultado se obtienen aproximadamente 200 kg de cuero acabado, 40 kg de solventes emitidos a la atmósfera, 640 kg de residuos sólidos, 138 kg de agua que pierde la piel. El volumen de agua que se consume en todo el proceso, desde ribera hasta el acabado, y que por tanto se elimina en las descargas oscila entre 15 a 40 m³ /tonelada de piel fresca.

La generación de contaminantes se puede diferenciar por etapas de proceso conociendo los químicos utilizados en cada una y los procesos utilizados:

Ribera:

Ilustración 5: Contaminantes en Ribera

Carga contaminante Kg/Ton de cuero crudo	Remojo		Pelambre	
	Convencional	Avanzado	Convencional	Avanzado
Sólidos suspendidos	11-21	11-21	53-97	14-26
DQO	22-33	22-33	79-122	46-77
DBO	7-11	7-11	28-45	16-27
Cromo	-	-	-	-
Sulfuro	-	-	3.9-8.7	0.4-0.7
Amoniaco	0.1-0.2	0.1-0.2	0.4-0.5	0.1-0.2
TKN	1-2	1-2	6-8	3-4
Cloruro	133-186	1-5	5-10	1-2
Sulfato	1-2	1-2	1-2	1-2

Fuente: Proyecto Gestión Ambiental en la Industria Curtiembre 2004

Ilustración 6: Contaminantes del curtido al cromo

Carga contaminante Kg/Ton de cuero crudo	Desencalado		Curtido	
	Convencional	Avanzado	Convencional	Avanzado
Sólidos suspendidos	8-14	8-14	5-10	1-2
DQO	13-20	13-20	7-11	7-11
DBO	5-9	5-10	2-4	2-4
Cromo	-	-	2-5	0.05-0.1
Sulfuro	0.1-0.3	0-0.1	-	-
Amoniaco	2.6-3.9	0.2-0.4	0.6-0.9	0.1-0.2
TKN	3-5	0.6-1.5	0.6-0.9	0.1-0.2
Cloruro	2-4	1-2	40-60	20-35
Sulfato	10-26	1-2	30-55	10-32

Fuente: Proyecto Gestión Ambiental en la Industria Curtiembre 2004

5.8 Curtido vegetal.

El proceso de conversión de las pieles animales en cueros durables utilizando extractos de plantas en regiones sudamericanas data de al menos 2000 años atrás. Los taninos ocupan una parte de la línea fronteriza en ciencias entre la Botánica y la Química. Aunque la importancia de los taninos vegetales en diversas disciplinas científicas ha sido reconocida, no es fácil dar una definición firme. Desde un punto de vista ambiental, el rubro curtiembre siempre ha sido mirado como una industria contaminante neta, sin tener en cuenta que aprovecha un subproducto altamente putrescible y de biodegradación lenta (taninos). Ahora bien, es cierto que el proceso del curtido genera una importante carga contaminante, sin embargo, tomando las medidas y precauciones necesarias, esta puede contrarrestarse adecuadamente. (Janneth et al., 2016).

Anteriormente los cueros producidos por procesos vegetales se limitaban a la creación de suelas de zapatos o cueros de menor calidad, pero actualmente se han desarrollado nuevos procesos que han venido reemplazando los procesos tradicionales, poco amigables con el medio ambiente.

5.8.1 Los Taninos:

El componente fundamental de los extractos curtientes es el tanino que es capaz de transformar las pieles en cuero. Los taninos son compuestos polifenólicos de gran complejidad que pueden tener composiciones y estructuras muy diferentes dependiendo de su procedencia.

5.8.2 Curtientes vegetales comerciales:

- Extracto de pino (*Pinus patula*) : de gran astringencia, da al cuero un color rojizo
- Encina (*Quercus ilex*): da cueros firmes de color pardo amarillento.
- Zumaque (*Rhus*): es un extracto suave que penetra rápidamente en la piel, da cuero de tacto suave y flexible y de color muy claro.
- Valonea (*Enterolobium cyclocarpum*): de gran astringencia da cueros de color amarillento bastante impermeable
- Castaño (*Castanea*): de astringencia elevada, da cueros firmes de color avellana. Este extracto es el más sólido a la luz

- Mimosa (*Acacia dealbata*): fácilmente soluble en agua, da cueros flexibles de color beige amarillento
- Quebracho (*Schinopsis balansae*): da cueros más flexibles y suaves.

Los taninos están presentes no solo en estas presentaciones, sino en muchas otras como: frutos flores y tallos, es por esto que de ser extraído de la fruta del banano podría convertirse en una excelente fuente de materia prima para el curtido del cuero.

Se estima que de un 10 a un 20% del total de fruta que se produce en las zonas bananeras de Urabá (Antioquia) es de rechazo. El banano verde de rechazo (boleja) puede ser aprovechado en la alimentación animal, si se incrementa su contenido de proteínas disponible y se disminuye el contenido de taninos, ya que posee un bajo contenido en fibra y proteína y un alto contenido en taninos. (Velásquez & Valderrama 2004).

Utilizando este banano de rechazo se estaría mitigando un impacto ambiental en la zona; dándole principalmente dos usos. El primero es la alimentación animal, especialmente de vacunos. El segundo sería la extracción de taninos y su posterior uso como curtiente vegetal.

En Colombia la actividad bananera genera impactos negativos en el medio ambiente, debido al uso de fertilizantes, plásticos, agroquímicos, condiciones del clima, entre otros el suelo ha venido degradándose a través de los años.

Colombia compite en los mercados internacionales con una fruta de muy buena calidad, lo que ha causado que cada vez sean más estrictos sus controles de calidad para exportación. Esto ha causado que mucha fruta sea rechazada y esa fruta es la que conocemos con el nombre vulgar de “BOLEJA”

Por esto existe un problema ambiental en la zona de Urabá, debido a la producción de más de 250.000 toneladas por año de fruta no exportada y unos 75 millones de vástagos apilados en campo sin ningún tipo de tratamiento, siendo el ambiente ideal para la proliferación de moscas, roedores, malos olores, entre otros problemas.

Desde el año 2004 se vienen realizando investigaciones con respecto al contenido de taninos en esta fruta, logrando extraer los mismos para evitar ser considerados como factor antinutricional para la alimentación del ganado.

Además, ahora se mostrará su efecto curtiente y se espera que este proceso sea llevado a una escala mayor y en un futuro pueda comercializarse el Tanino de Banano con fines productivos en la industria del cuero.

6. METODOLOGIA

6.1 Tipo de estudio.

La metodología utilizada es del tipo descriptivo/evaluativo, mediante el cual se procedió a recolectar, cuantificar y analizar de manera deductiva información proveniente del proceso productivo del cuero en el desarrollo de las formulaciones de curtido al Cromo y con Taninos naturales provenientes del banano de rechazo. Además de su relación con el medio ambiente.

Se realizó también revisión bibliográfica de procesos de curtido tradicionales y alternativos y se aplicó una encuesta a cuarenta personas que tienen que ver con el sector curtiembre.

Se realizó un proceso de curtido con Cromo Vs boleja en laboratorio. Siendo este proceso el mas importante para el desarrollo del trabajo.

6.2 Población.

El objeto de estudio está enfocado a industrias curtiembres en Antioquia, en donde se pretende brindar una alternativa de producción más limpia con taninos naturales.

6.2.1 Procedimiento para la recolección y procesamiento de la información.

Para la recolección de la información se utilizó el instrumento de búsqueda de antecedentes en cuanto a producciones tradicionales de curtido al Cromo y producciones limpias basadas en Taninos. Adicional a esto se hizo una prueba de dos procesos en laboratorio: Con Cromo y con Boleja.

Inicialmente se realizó una búsqueda de información de costos que sirvió como insumo para la posterior evaluación y comparación en los procesos.

Además, se buscaron nuevas tecnologías que se utilizan actualmente ya que los procesos del cromo suelen ser contaminantes pero la industria precisamente ha tomado conciencia en ese sentido y ha logrado avances significativos como la recirculación del cromo y el agotamiento de los baños, entre otros.

Adicional a esto se analizaron los resultados obtenidos en laboratorio en donde se realizaron diferentes formulaciones tanto con Cromo como con Taninos del banano de boleja o rechazo.

6.3 Curtido al Cromo Vs curtido con banano de rechazo.

Ambos procesos fueron realizados entre el año 2017 y 2018 en las instalaciones del laboratorio de química de la Corporación Universitaria Lasallista.

6.3.1 Curtido con banano de rechazo.

Se procede a pesar las pieles para procesar 5 Kg en húmedo usando el siguiente proceso:

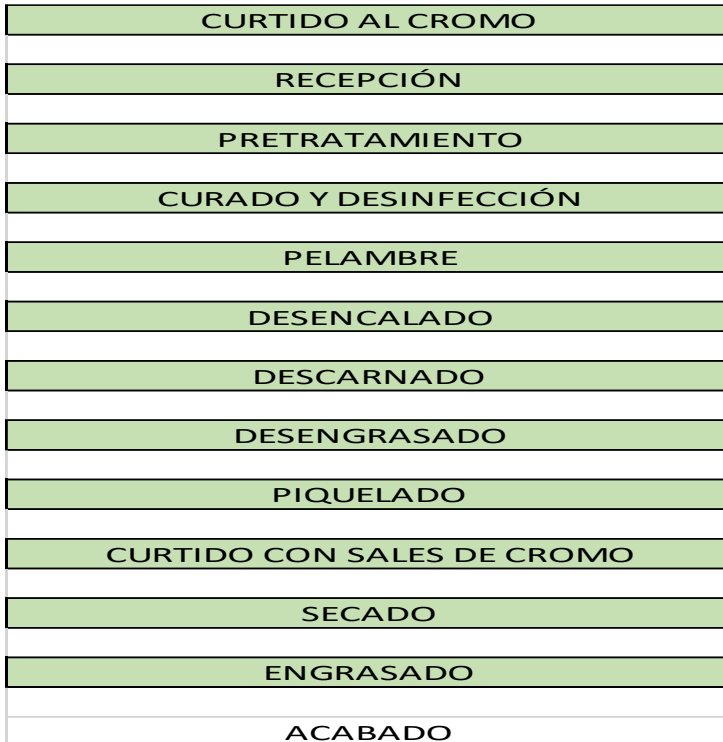
Ilustración 7: diagrama de curtido con Boleja

CURTIDO CON TANINOS
RECEPCIÓN
PRETRATAMIENTO
CURADO Y DESINFECCIÓN
DESCARNADO
DESENGRASADO
PIQUELADO
CURTIDO CON TANINOS VEGETALES
SECADO
ACONDICIONADO
ACABADO

Fuente: Autor

6.3.2 Curtido con Cromo:

Ilustración 8: Diagrama de curtido al Cromo



Fuente: Autor.

6.4 Formato de encuesta.

6.4.1 Encuesta a la industria curtiembre:

- 1. ¿Quiénes son los proveedores de materias primas para el curtido**
 - a) Casas químicas nacionales.
 - b) Proveedores en el exterior.
 - c) Otros.
- 2. ¿Qué precio tiene el agente curtiente que usa en el proceso?**
 - a) \$5.00 a 10.000
 - b) \$10.000 a 15.000
 - c) menor a 5.000
- 3. ¿Cuál es el promedio de agente curtiente que consume en el mes?**
 - a) 50 Kg
 - b) 100 Kg
 - c) más de 100 Kg
- 4. ¿Cuál es el agente curtiente más utilizado?**
 - a) Mineral
 - b) Natural
 - c) Ambos
- 5. ¿Cuál es el proceso más rápido?**
 - a) Con cromo
 - b) Con taninos naturales.
- 6. ¿Los proveedores han brindado material de publicidad para incentivar la compra de taninos naturales?**
 - a) Si
 - b) No
- 7. ¿Considera que realizar nuevas tecnologías de curtido podría aumentar el consumo y taninos naturales en la empresa?**
 - a) Si
 - b) No

7. COSTOS DEL PROCESO DE CURTIDO.

A continuación, se presenta la clasificación de los costos en un proceso de curtido tradicional:

Tabla 1 Costos fijos y variables, curtido tradicional.

COSTOS FIJOS	COSTOS VARIABLES
Mano de obra indirecta	Materia prima directa (cromo)
Transporte.	Materiales e insumos
Gastos de administración	Mano de obra directa (Operario)
Impuestos o patentes	Materiales indirectes (recipientes)
Gastos de comercialización	Gastos de comercialización
Depreciación de equipos. (fulones)	Depreciación
Amortización inversión	Utensilios de aseo.
Costo financiero	

Fuente: autor

7.1 costos para la transformación de 5 kg de piel húmeda en cuero.

Tabla 2 CURTIDO DE 5 KG DE PIEL (Cromo vs Boleja)

Curtido al Cromo: duración del proceso: 7 días

REACTIVO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
Sulfuro de sodio	Kg	0,1	\$ 6.400	\$ 640
Cal	Kg	0,2	\$ 2.000	\$ 400
Sulfato de amonio	Kg	0,4	\$ 6.850	\$ 2.740
Desengrasante	Lt	0,5	\$ 4.000	\$ 2.000
Ácido sulfúrico	Lt	0,05	\$ 22.000	\$ 1.100
Cromo	Kg	0,5	\$ 13.400	\$ 6.700
Dispersante	Kg	0,5	\$ 16.000	\$ 8.000
Colorante	Kg	0,2	\$ 15.450	\$ 3.090
Sal	Kg	0,3	\$ 900	\$ 270
TOTAL				\$ 24.940

Fuente: Autor.

Curtido con “Boleja de banano”:
duración del proceso: 19 días

REACTIVO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
Piedralumbre	Kg	1	\$ 5.200	\$ 5.200
ácido acético	Kg	0,2	\$ 7.000	\$ 1.400
Detergente	Kg	0,1	\$ 2.500	\$ 250
Ácido fórmico	Lt	0,1	\$ 79.000	\$ 7.900
Tanino natural				
Banano	Kg	1	\$ 6.400	\$ 6.400
Dispersante	Kg	0,5	\$ 16.000	\$ 8.000
Colorante	Kg	0,2	\$ 15.450	\$ 3.090
Sal	Kg	0,1	\$ 900	\$ 90
TOTAL				\$ 32.330

Fuente: Autor

Tabla 3 Maquinaria y equipos

MAQUINARIA Y EQUIPOS
Descarnadora
Secadora
Prensa
Cabina de pintura
Esmeriladora
Fulón de 20 Kg

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 4 ficha técnica

Nombre del producto:	Cuero al cromo
Características físicas:	Cuero suave al tacto y resistente Lado carne: fibras presentes Lado flor: Acabado fino.
Presentación:	Piel de un Dm 2
Durabilidad:	20 años
Temperatura Ambiente:	28-30°C
Peso:	Desde 120g a 200g
Precio final del producto mercado consumo:	\$ 1200 Dm 2
Olor:	Natural del producto
Color :	Gama amplia de colores
Textura:	Suave y firme

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 5 Gastos operativos producción al Cromo.

GASTOS OPERATIVOS	COSTOS
Salario del operario (SML + ´primas + vacaciones)	782.000.oo mensual
Reactivos	106.914.oo mensual
Servicio de agua	13.000.oo mensual
Energía	64.000.oo mensual
TOTAL MES	964.000.oo mensual

Fuente: Elaboración Propia.

Se producen aproximadamente 500 pieles al mes.

Tabla 6 Gastos productivos con Taninos.

GASTOS OPERATIVOS	COSTOS
Salario del operario (SML + ´primas + vacaciones)	782.000.oo mensual
Reactivos	50.526.oo mensual
Servicio de agua	13.000.oo mensual
Energía	64.000.oo mensual
TOTAL MES	909.526.oo mensual

Fuente: Elaboración Propia.

Se producen aproximadamente 160 pieles al mes.

Tabla 7 Costos y gastos fijos.

TIPO DE COSTOS	MENSUAL	ANUAL
MANO DE OBRA	782.000.00	10.577.000.00
COSTOS DE PRODUCCION	120.000.00	1.440.000.00
TOTAL	902.000.00	12.017.000.00

Fuente: Elaboración Propia.

- Los gastos de mano de obra se componen por los salarios del operario (el cual realiza funciones de operario, vendedor y transportador).
- Los gastos de operación se componen por los servicios públicos, el transporte, compra de suministros, entre otros.
- Los gastos administrativos comprenden la papelería y los salarios del gerente financiero/administrativo.

7.1.2 Mejoramiento técnico y productivo.

Con el fin de fortalecer los parámetros productivos y técnicos del proceso, es importante establecer unas propuestas para lograr mayor eficiencia y rentabilidad en la producción, venta y distribución del tanino natural (boleja).

1. Compra de un volumen mayor de fruta de rechazo.
2. Establecer cantidad de materiales que se requiere para la producción.
3. Rendimiento por parte de los operarios.
4. Indicadores de gestión de la producción.
5. Contar con un manual de calidad.
6. Desarrollo del tanino a escala industrial.
7. Implementar capacitaciones al personal.
8. Establecer indicadores de producción.

8. INSTRUMENTO PARA DIAGNÓSTICO.

Con el uso del siguiente instrumento, se buscó hacer un diagnóstico de la industria curtiembre.

Es importante que se den a conocer nuevas alternativas al proceso de curtido, con el fin de ser más amigable con el medio ambiente, pero sin dejar de ser productivo, que al final, es lo que toda industria debe lograr.

Por medio de esta encuesta se buscó indagar sobre los costos, los tiempos usados en el proceso e indagar sobre la posibilidad de usar taninos naturales para ir reemplazando el Cromo.

8.1 análisis de la encuesta:

Total, encuestados: 40.

8.2.1 Gráfica Proveedores.

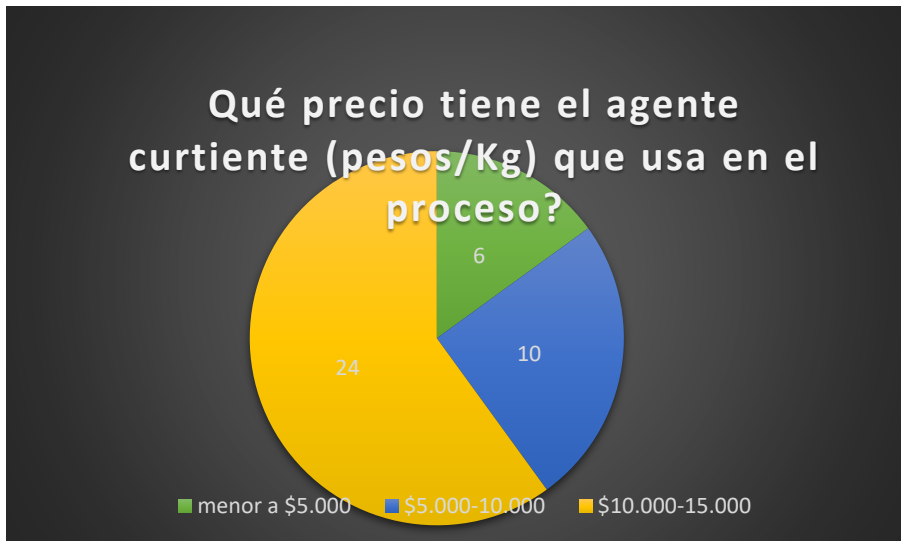


Se tiene preferencia por las casas comerciales, pero también se compra a otras curtiembres.

Existe hoy en día una normatividad que ha venido acabando con la informalidad, lo cual es bueno para la industria, que anteriormente se manejaba de una manera más artesanal.

Es importante que se restrinja la venta de este tipo de reactivos a personas o empresas que tengan licencia para el uso de los mismos.

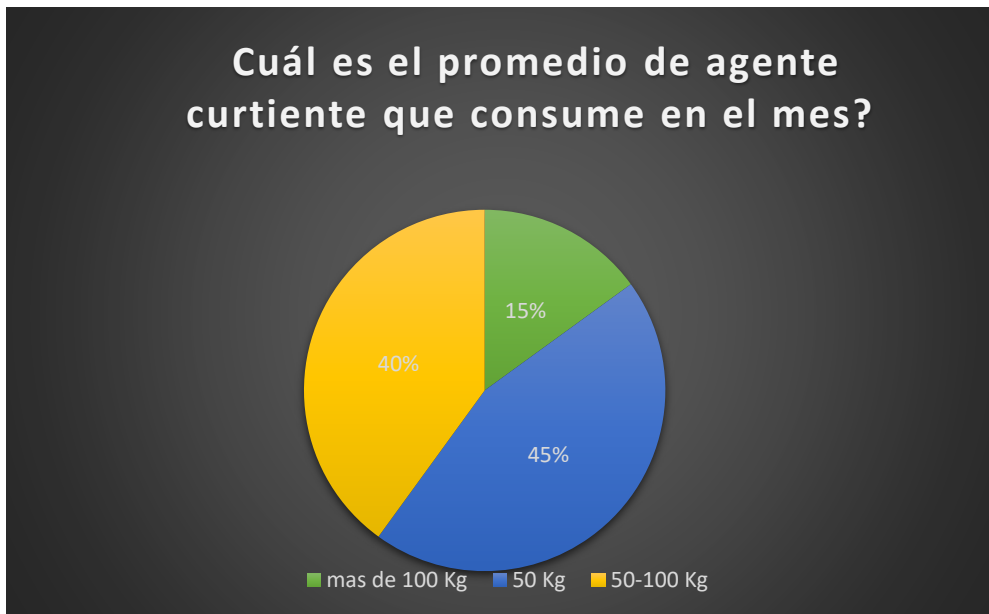
8.2.2 Gráfica de Precio.



Es mas usado el Cr y es a su vez el mas costoso.

Esto no ha sido un impedimento para seguir usando el Cromo ya que es un reactivo que ahorra mucho tiempo en los procesos, siendo de alguna manera el reactivo más revolucionario en esta industria.

8.2.3 gráfica Consumo de cromo.

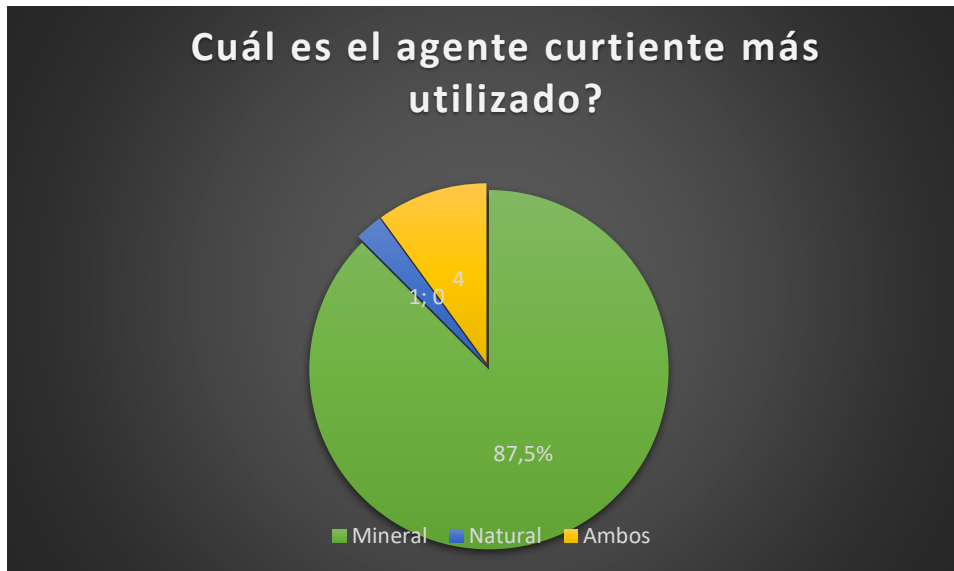


El consumo de Cromo es alto porque es el curtiente más empleado.

Podría entonces ser reemplazado por un agente de origen natural. No necesariamente en su totalidad, pero si en algún porcentaje.

Al ser menos costoso el curtiente natural podría ser utilizado con mayor frecuencia y podría pensarse en desarrollar líneas de producción basadas en este tipo de curtido.

8.2.4 Gráfica Curtiente más usado.

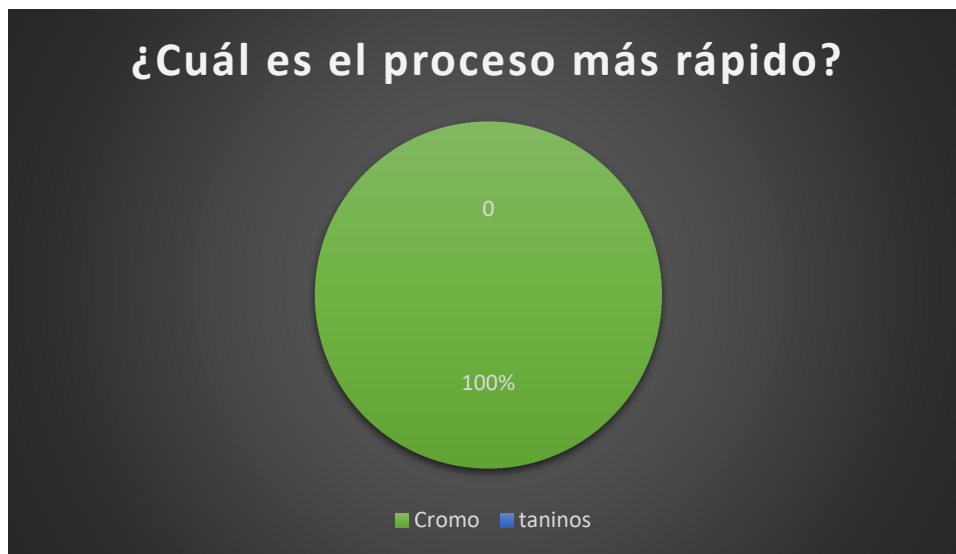


El Cromo es el agente más utilizado a pesar de ser muy contaminante.

Es importante ser competitivo en la industria y por eso se espera producir la mayor cantidad de cueros terminados en el menor tiempo posible.

Esto ha hecho que el cromo sea el reactivo usado principalmente, pero no se desconoce que es muy contaminante y nocivo para la salud.

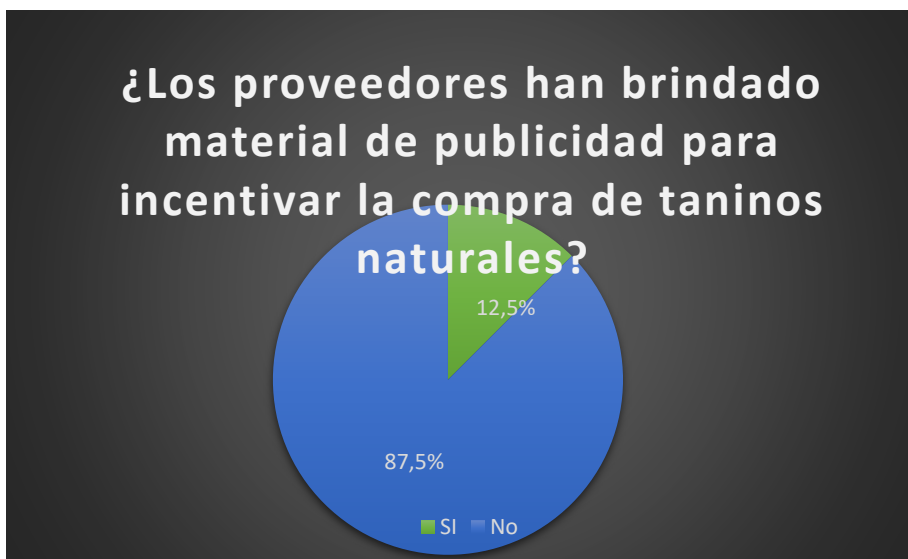
8.2.5 Gráfica Velocidad del proceso.



El Cromo tiene actualmente una gran ventaja y es el tiempo de producción. Lo cual representa ganancias y ahorro en personal y maquinaria.

Mientras un proceso con Cromo puede tardar una semana, el proceso con curtiembre natural tarda tres.

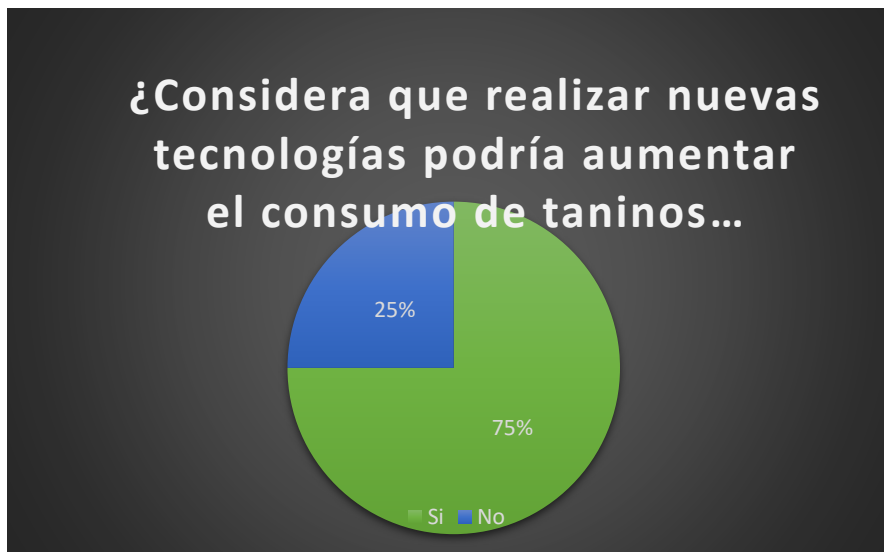
8.2.6 Gráfica Promoción de taninos naturales.



Hace falta promover más este tipo de curtidos alternativos por medios masivos y redes sociales.

No es común que las industrias usen estos taninos para sus procesos, pero algunos países han prohibido los cueros producidos a partir del Cromo, lo que da pie, necesariamente a procesos alternativos.

8.2.7 Gráfica nuevas tecnologías.



Es viable pensar en el desarrollo de nuevas tecnologías para el proceso productivo del cuero, sin dejar a un lado las ventajas significativas que tiene el curtiente mineral (Cromo) en relación al tiempo del proceso.

Es importante entonces destacar otras ventajas en el proceso de curtido con taninos naturales como lo son: la protección del medio ambiente y el cuidado de la salud humana.

Ilustración 9: FOTOGRAFÍAS (proceso de curtido).

Salado:



Es el proceso de conservación usado por excelencia en la industria curtiembre.

En la fotografía se puede observar una piel de tilapia conservada con un 20% de sal de mar.

Extracción de la piel.



Al trabajar con pieles de pescado se realiza un cuidadoso proceso manual para separar la carne de la epidermis y de esta manera iniciar el proceso de curtido.

Banano de rechazo (boleja)



Es común ver este tipo de banano de rechazo en algunas zonas del país y el mismo recibe el nombre de “boleja”. Es rica en taninos que pueden ser usados como agente curtiente.

Cromo



Es el reactivo usado principalmente en la industria curtiente y el cuero procesado con este recibe el nombre de Wetblue.

Proceso de curtido.



Pieles en proceso de curtido artesanal en laboratorio.

El curtido industrial se realiza en fulones o molinetes.

Pieles curtidas al Cromo.



Adquieren un color característico azul y son conocidas como Wet blue.

Luego de este paso se realiza un recurtido y teñido en donde adquiere diferentes colores.

Curtido natural.



Pieles curtidas con taninos (boleja de banano) y acondicionadas con anilinas para dar diferentes colores.

Tabla 8 Cronograma de actividades 2017

Actividades	Fe brer o	M arzo	A bril	M ayo	J uni o	J ulio	A gosto	Septi embre	O ctubr e	Novi embre
1. Desarrollo Matriz DOFA. (Diagnostico).										
2. Cálculo de costos del proceso										
3. Análisis de costos fijos y variables.										
4. Realización de encuestas.										
5. Entrega de anteproyecto.										
6. Asignación del tutor.										
11. Pruebas de laboratorio.										
12. Asesorías para el trabajo de grado.										
13. Presentación proyecto de grado.										

Fuente: Elaboración propia.

9. CONCLUSIONES.

- Se pudo realizar un proceso de curtido de pieles teniendo como agente curtiente el tanino proveniente del banano de rechazo.
- Se realizó una comparación del curtido con taninos naturales vs curtido tradicional con Cromo.
- EL proceso tradicional de curtido al Cromo tiene como desventaja que es altamente contaminante para el medio ambiente y la salud humana, deteriorando las fuentes hídricas y causando enfermedades como el cáncer.
- El banano de rechazo representa un problema ambiental para la Zona de Urabá debido al gran volumen de fruta que no es exportada y no se le da un uso adecuado, sino que simplemente es arrojada al ambiente (canales de drenaje, potreros y orillas de carretera).
- La transformación de la boleja en taninos para curtido de cuero requiere de cierta infraestructura que implica una inversión considerable para su realización a gran escala.
- El proceso de curtido vegetal tiene grandes desventajas en cuanto al tiempo de los procesos comparado con el curtido tradicional al Cromo.
- El curtido vegetal tiene la gran ventaja de ser mucho más amable con el ambiente, siendo así una producción limpia. La cual buscan algunos mercados internacionales.
- Los costos de producción son similares, pero se alarga el tiempo del proceso en el curtido vegetal y por lo tanto no es eficiente con respecto al curtido al Cromo.
- Los tiempos del proceso se pueden igualar haciendo producciones por baches.

10. RECOMENDACIONES

- Se pueden realizar procesos combinados para reducir el uso del Cromo, ya que este es el agente más contaminante en el proceso.
- Hace falta trabajar mucho más en el desarrollo del curtiente vegetal (banano) para que sea competente con respecto al curtido al Cromo.
- Se puede trabajar con el quebracho y la mimosa, los cuales son curtientes vegetales que en la actualidad se comercializan a gran escala.
- Al fomentar el consumo de banano de rechazo no solo se puede desarrollar procesos en la industria curtiembre sino también en la de alimentos.
- Hace falta hacer publicidad para este tipo de curtidos ya que en algunas empresas no son siquiera considerados.
- Se debe hacer énfasis en una de sus principales ventajas. La producción limpia.
- Se puede asistir a ferias especializadas del cuero y materias primas para promocionar este tipo de agentes curtientes.
- Puede ser ofrecido este tipo de curtientes, a casas comerciales tradicionales.
- El proceso de curtido al Cromo puede cumplir con toda la normatividad ambiental vigente y aun así seguirá siendo altamente contaminante.
- Se pueden implementar modelos de buenas practicas de producción de cuero como ya se ha realizado en otros países.

11. BIBLIOGRAFIA

- AGROCADENAS. Banano: estadísticas de la cadena. [on line] http://www.agrocadenas.gov.co/banano/banano_reportes.htm Consultado en mayo 27 de 2004.
- A, F. P., Mancera, J. I., Demares, A., & Echeverry, J. (1977). Extracción de taninos en dos variedades de plátano (Musa AAB Simmonds, clones harton y dominico). y evaluación de su calidad para el curtido de pieles. *Acta Agronómica*, 27(1-4), 105-117.
- Acicam. (2015). Cómo va el Sector, (26), 4-6.
- Euroleather. (2012). The official site of the European leather industry. Recuperado el 27 de 08 de 2013, de COTANCE: <http://www.euroleather.com/cotance/48-the-europeanleather-industry.html>.
- Greenpeace (2012). Cueros Tóxicos. Nuevas evidencias de contaminación de curtiembres en la Cuenca Matanza-Riachuelo.
- Janneth, L., García, Z., Luis, E., Hidalgo, A., Cesar, A., & Puente, G. (2016). CURTICIÓN DE PIELES DE CABRA, CON EL 15% DE DIFERENTES CURTIENTES VEGETALES.
- John Emsley. 2001. (Nature's Building Blocks).
- LONDOÑO, M. et al. Banatura: Programa de Gestión Social y Ambiental del Sector Bananero Colombiano. En: Reunión Internacional ACORBAT (15:2002:Cartagena). p. 343-348.

- OLARTE, Y. y MELIDA, E. Comercialización interna del banano de rechazo de Urabá. Medellín: Fundaunibán, 1991. 200 p.
- PASBERG-GAUHL, C. ¿How can we reduce losses of banana bunches due to 'fruit speckling' in comercial banana plantations? En: Memorias XV Reunión Internacional Acorbat 2002. Augura, Medellín, octubre de 2002. p. 477-480.
- Porras, Á. C. (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.
- Raisman, J. S., & González, A. M. (2002). El curtido al cromo. Hipertextos del Área de la Biología. Recuperado.
- Reyes, C., Lobo, M. & Feher, S. (2009) Informe Aspectos Ambientales, Legales y Socioeconómicos Curtiembres. Ministerio de Industria y Turismo.
- SENA. Caracterización subsector bananero en Colombia. Bogotá: Nuevas Ediciones, 2003. 149 p.
- Téllez J, Carvajal RM, Gaitán AM. Aspectos Toxicológicos Relacionados con la Utilización del Cromo en el proceso Productivo de Curtiembres. *Revista Facultad de Medicina Universidad Nacional de Colombia* 2004;52(1):50-61.
- Velásquez Valderrama, Á. M. (2004). Extracción de taninos presentes en el banano verde. *Revista Lasallista de Investigación*, 1(2), 17–22.
- YA Mendoza, RO Verbel, IM Martínez, KC Regino, CM Betancourt, *Ingenierías USBMed* 7 (1), 20-25.
- SALDARRIAGA, L. C. Estudio de materia prima y proyecto de planta piloto de alcohol de banano en Urabá. Medellín: Gobernación de Antioquia, 1982. 149 p.

