



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA ZOOTÉCNICA

**“TECNOLOGÍAS LIMPIAS PARA EL PROCESO DE
CURTICIÓN DE PIELES CAPRINAS”**

Trabajo de titulación

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA ZOOTECNISTA

AUTORA: SILVIA SUSANA LEMA CHAMBA

DIRECTOR: ING.MC. LUIS EDUARDO HIDALGO ALMEIDA PhD.

Riobamba – Ecuador

2021

© 2021, SILVIA SUSANA LEMA CHAMBA

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Silvia Susana Lema Chamba, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
Riobamba, 27 de Enero del 2021.

Silvia Susana Lema Chamba
CI: 2100685698

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA ZOOTÉCNICA

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo: Proyecto Investigación "**TECNOLOGÍAS LIMPIAS PARA EL PROCESO DE CURTICIÓN DE PIELS CAPRINAS**", realizado por la señorita: **SILVIA SUSANA LEMA CHAMBA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

FIRMA

FECHA

GUIDO
GONZALO

Firmado digitalmente
por GUIDO GONZALO
BRITO ZUÑIGA -

27 DE ENERO 2021

BRITO ZUÑIGA 0601526098
- 0601526098

Fecha: 2021-02-06
12:39:09 -05'00"

Dr. MCs Guido Gonzalo Brito Zúñiga
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Luis Eduardo
Hidalgo
Almeida

Firmado digitalmente por Luis Eduardo
Hidalgo Almeida
DN: cn=Luis Eduardo Hidalgo Almeida,
gn=Luis Eduardo Hidalgo Almeida,
o=EC Ecuador, ou=EC Ecuador,
ou=ESPOOCH, ou=FACULTAD DE
CIENCIAS PECUARIAS,
email=Luis_E_Hidalgo@espocho.edu.ec
Motivo: Soy el autor de este documento
Ubicación:
Fecha: 2021-02-04 12:41-05:00

27 DE ENERO 2021

Ing. Luis Eduardo Hidalgo Almeida, Ph. D.
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

SONIA ELISA
PEÑAFIEL
ACOSTA

Firmado digitalmente por SONIA ELISA
PEÑAFIEL ACOSTA
DN: cn=SONIA ELISA PEÑAFIEL
ACOSTA, gn=SONIA ELISA, ou=EC
La RIOBAMBA, ou=Certificado de Clase 2
de Persona Física EC (FIRMA),
email=esoniaelisapenafiel@yahoo.es
Motivo: Soy el autor de este documento
Ubicación:
Fecha: 2021-02-06 10:25-05:00

27 enero 2021

Dra. Sonia Elisa Peñafiel Acosta Msc.
MIEMBRO DE TRIBUNAL

TABLA DE CONTENIDO

INDICE DE TABLAS.....	7
INDICE DE GRÁFICOS.....	8
INDICE DE FIGURAS.....	9
INDICE DE ANEXOS	10
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN	15

CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	17
1.1. La piel	17
1.2. Cuero Caprino	19
1.3. La industria del curtido	20
1.4. Principales contaminantes en el proceso de curtido de pieles.....	22
1.4.1. <i>Contaminación por la industria curtidora</i>	23
1.4.2. <i>Contaminación en el proceso de curtido</i>	25
1.5. Efectos del cromo en la salud y el medio ambiente.....	27
1.6. Reciclaje de los efluentes de curtido.....	28
1.7. Tratamiento convencional de aguas residuales.....	29
1.7.1. <i>Tratamiento físico-químico</i>	30
1.7.2. <i>Tratamiento biológico</i>	30
1.7.3. <i>Pretratamiento y oxidación de sulfuros</i>	32
1.7.4. <i>Homogenización y tratamiento físico-químico</i>	33
1.7.5. <i>Tratamiento de fangos</i>	33

CAPITULO II

2. MARCO METODOLÓGICO	34
2.1. Procedimiento para la recuperación de la información	34
2.1.1. <i>Búsqueda bibliográfica</i>	34
2.1.2. <i>Criterios de selección</i>	34
2.1.3. <i>Plataformas digitales, científicas, etc</i>	35

2.2.	Métodos para sistematización de la información	35
2.2.1.	<i>Aproximación conceptual</i>	36

CAPITULO III

3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
3.1.	Tecnologías limpias para el proceso de curtición de pieles caprinas	37
3.2.	Evaluación de las resistencias físicas del cuero utilizando tecnologías limpias en el proceso de curtición de las pieles caprinas	38
3.2.1.	<i>Resistencia a la tensión</i>	38
3.2.2.	<i>Porcentaje de elongación</i>	41
3.2.3.	<i>Lastometría</i>	44
3.3.	Evaluación de las características sensoriales del cuero utilizando tecnologías limpias en el proceso de curtición de las pieles caprinas	46
3.3.1	<i>Llenura</i>	46
3.3.2.	<i>Blandura</i>	49
3.4.	Caracterización de las aguas residuales del proceso de curtición de las pieles caprinas utilizando tecnologías limpias	51
3.4.1.	<i>Evaluación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno en las aguas residuales del proceso de curtición de las pieles caprinas utilizando tecnologías limpias</i>	51
3.4.2.	<i>Evaluación de la Demanda Química de Oxígeno en las aguas residuales del proceso de curtición de las pieles caprinas utilizando tecnologías limpias</i>	54
3.4.3.	<i>Contenido de sólidos totales</i>	57
3.5.	Evaluación Económica	58
	CONCLUSIONES	60
	RECOMENDACIONES	61

GLOSARIO

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

INDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Límites máximos permisibles de parámetros contaminantes en la industria del cuero	27
Tabla 1-3:	Evaluación de la resistencia a la tensión del cuero utilizando tecnologías limpias en el proceso de curtición de las pieles caprinas	39
Tabla 2-3:	Evaluación del porcentaje de elongación del cuero utilizando tecnologías limpias en el proceso de curtición de las pieles caprinas	42
Tabla 3-3:	Evaluación de la lastometría del cuero utilizando tecnologías limpias en el proceso de curtición de las pieles caprinas.....	44
Tabla 4-3:	Evaluación de la llenura del cuero utilizando tecnologías limpias en el proceso de curtición de las pieles caprinas	47
Tabla 5-3:	Evaluación de la blandura del cuero utilizando tecnologías limpias en el proceso de curtición de las pieles caprinas.....	49
Tabla 6-3:	Evaluación de la demanda bioquímica de oxígeno en las aguas residuales del proceso de curtición de las pieles caprinas utilizando tecnologías limpias	52
Tabla 7-3:	Evaluación de la demanda química de oxígeno en las aguas residuales del proceso de curtición de las pieles caprinas utilizando tecnologías limpias	55
Tabla 8-3:	Evaluación del contenido de sólidos totales en las aguas residuales del proceso de curtición de las pieles caprinas utilizando tecnologías limpias ..	57
Tabla 9-3:	Evaluación económica del cuero utilizando tecnologías limpias en el proceso de curtición de pieles caprinas	59

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3. Evaluación de la resistencia a la tensión del cuero utilizando tecnologías limpias en el proceso de curtición de las pieles caprinas	40
Gráfico 2-3. Evaluación del porcentaje de elongación del cuero utilizando tecnologías limpias en el proceso de curtición de las pieles caprinas.....	43
Gráfico 3-3. Evaluación de la lastimetría del cuero utilizando tecnologías limpias en el proceso de curtición de las pieles caprinas.....	45
Gráfico 4-3. Evaluación de la llenura del cuero utilizando tecnologías limpias en el proceso de curtición de las pieles caprinas	33
Gráfico 5-3. Evaluación de la blandura del cuero utilizando tecnologías limpias en el proceso de curtición de las pieles caprinas	50
Gráfico 6-3. Evaluación de la demanda bioquímica de oxígeno en las aguas residuales del proceso de curtición de las pieles caprinas utilizando tecnologías limpias	53
Gráfico 7-3. Evaluación de la Demanda Química de Oxígeno en las aguas residuales del proceso de curtición de las pieles caprinas utilizando tecnologías limpias.....	56
Gráfico 8-3. Evaluación del contenido de sólidos totales en las aguas residuales del proceso de curtición de las pieles caprinas utilizando tecnologías limpias.....	58

INDICE DE FIGURAS

Figura 1-1. Cadena de valor del sector curtiembre.....	18
Figura 2-1. Corte transversal de la piel	19
Figura 3-1. Principales contaminantes de la industria del cuero	24

INDICE DE ANEXOS

ANEXO A: EVALUACIÓN DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO (DBO) DE LAS AGUAS RESIDUALES COMPARANDO EL SISTEMA DE TRADICIONAL VERSUS UN MODIFICADO DE RECUPERACIÓN DE PELO EN EL PROCESO DE DEPILADO (GORDILLO, 2015)

ANEXO B: EVALUACIÓN DE LA DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO (DBO) DE LAS AGUAS RESIDUALES COMPARANDO EL SISTEMA DE TRADICIONAL VERSUS UN MODIFICADO DE RECUPERACIÓN DE PELO EN EL PROCESO DE DEPILADO (GORDILLO, 2015)

ANEXO C: EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA TENSIÓN DEL CUERO COMPARANDO EL SISTEMA DE TRADICIONAL VERSUS UN MODIFICADO DE RECUPERACIÓN DE PELO EN EL PROCESO DE DEPILADO (GORDILLO, 2015)

ANEXO D: EVALUACIÓN DEL PORCENTAJE DE ELONGACIÓN DEL CUERO COMPARANDO EL SISTEMA DE TRADICIONAL VERSUS UN MODIFICADO DE RECUPERACIÓN DE PELO EN EL PROCESO DE DEPILADO (GORDILLO, 2015)

ANEXO E: EVALUACIÓN DE LA LLENURA DEL CUERO COMPARANDO EL SISTEMA DE TRADICIONAL VERSUS UN MODIFICADO DE RECUPERACIÓN DE PELO EN EL PROCESO DE DEPILADO (GORDILLO, 2015)

ANEXO F: EVALUACIÓN DE LA BLANDURA DEL CUERO COMPARANDO EL SISTEMA DE TRADICIONAL VERSUS UN MODIFICADO DE RECUPERACIÓN DE PELO EN EL PROCESO DE DEPILADO (GORDILLO, 2015)

ANEXO G: EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA TENSIÓN DEL CUERO OVINO CURTIDO CON CROMO TOTAL Y CON RECIRCULACIÓN DE CROMO. (SANCHÉZ, 2017)

ANEXO H: EVALUACIÓN DEL PORCENTAJE DE ELONGACIÓN DEL CUERO OVINO CURTIDO CON CROMO TOTAL Y CON RECIRCULACIÓN DE CROMO. (SANCHÉZ, 2017)

ANEXO I: EVALUACIÓN DEL PORCENTAJE DE ELONGACIÓN CUERO OVINO CURTIDO CON CROMO TOTAL Y CON RECIRCULACIÓN DE CROMO. (SANCHÉZ, 2017)

ANEXO J: EVALUACIÓN DE LA LASTROMETRIA CUERO OVINO CURTIDO CON CROMO TOTAL Y CON RECIRCULACIÓN DE CROMO. (SANCHÉZ, 2017)

ANEXO K: EVALUACIÓN DE LA BLANDURA CUERO OVINO CURTIDO CON CROMO TOTAL Y CON RECIRCULACIÓN DE CROMO. (SANCHÉZ, 2017)

ANEXO L: ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS DEL PORCENTAJE DE ELONGACIÓN EN LA REUTILIZACIÓN DEL BAÑO DE CURTIDO EN EL PROCESO DE PICKELADO DE PIELES OVINAS (TAPIA, 2006)

ANEXO M: ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS DEL PORCENTAJE DE ELONGACIÓN EN LA REUTILIZACIÓN DEL BAÑO DE CURTIDO EN EL PROCESO DE PICKELADO DE PIELES OVINAS (BALLA, 2006)

ANEXO N: ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS DE LA LLENURA EN LA REUTILIZACIÓN DEL BAÑO DE CURTIDO EN EL PROCESO DE PICKELADO DE PIELES OVINAS (TAPIA, 2006)

ANEXO O: LLENURA DEL CUERO OVINO BAJO LA INFLUENCIA DE LA CALIDAD DEL AGUA SOBRE EL PROCESO DE ACABADO EN HÚMEDO (RODRIGUEZ, 2017)

ANEXO P: LLENURA DEL CUERO OVINO CURTIDO CON CROMO TOTAL Y CON RECIRCULACIÓN DE CROMO. (SANCHEZ, 2017)

ANEXO Q: ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS DE LA BLANDURA EN LA REUTILIZACIÓN DEL BAÑO DE CURTIDO EN EL PROCESO DE PICKELADO DE PIELES OVINAS (TAPIA, 2006)

ANEXO R: ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO DEL REDISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA CURTIDURÍA SAN VICENTE DE LA CIUDAD DE AMBATO (SÁNCHEZ, 2019)

ANEXO S: ANÁLISIS DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO DE LAS AGUAS RESIDUALES EN LA CURTIDURÍA CRISTO DEL CONSUELO DE LA CIUDAD DE AMBATO (LÓPEZ, 2019)

ANEXO T: DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA TENERÍA NEOGRANADINA S.A. DE LA CIUDAD DE AMBATO (ARMAS, 2012)

ANEXO U: EVALUACIÓN ECONÓMICA DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA CURTIDURÍA SAN VICENTE DE LA CIUDAD DE AMBATO (SÁNCHEZ, 2019)

ANEXO V: EVALUACIÓN ECONÓMICA (TAPIA, 2006)

ANEXO W: EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE PELO EN EL PROCESO DE DEPILADO DE LA EMPRESA TENERÍA INCA(GORDILLO, 2015)

RESUMEN

El objetivo del proyecto de investigación bibliográfica fue el estudio de tecnologías limpias para el proceso de curtición de pieles caprinas, se recopiló información de fuentes tangibles e intangibles y se determinó que el sector de las curtiembres requiere la implementación de tecnologías limpias para evitar los problemas ambientales que se generan sobre todo en la emisión de los desechos líquidos a cuerpos de agua dulce. En la evaluación de las resistencias físicas se observó que al comparar diversos sistemas de curtición la superioridad les corresponde en cuanto a tensión (2642,02 N/cm²) y lastimetría (11.78 mm), al utilizar cromo recuperado y en tanto que, para el porcentaje de elongación la mayor respuesta (66.83 %), se registra al reutilizar el cromo de los lodos recuperados. La evaluación sensorial determinó una mayor ponderación de llenura (4.63 puntos), al reutilizar el cromo de las aguas residuales, así como una mejor blandura al reutilizar el baño de curtido (5,00 puntos). Para evitar la contaminación de los residuos líquidos de una tenería la tecnología más adecuada fue el tratamiento de aguas residuales por medio de la recuperación del cromo, puesto que se reportó una demanda bioquímica de oxígeno de 310,00 mg/L y una eficiencia del 98 %, así como también para la demanda química de oxígeno se coteja varias técnicas y se estableció que en la investigación del rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales se consiguió una disminución considerable en la demanda química de oxígeno (32300 mg/L). Finalmente, la evaluación económica reportó el mayor beneficio/costo en los cueros curtidos con cromo reutilizado con 1,26; es decir una ganancia del 26%.

Palabras clave: <CURTICIÓN> <TECNOLOGIAS LIMPIAS> <RESISTENCIAS FÍSICAS>
<CROMO RECUPERADO> <DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO> <DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO>

ABSTRACT

The objective of this bibliographic research project was to study the clean technologies for the tanning process of goat skins. Information was collected from tangible and intangible sources and it was determined that the tanning field requires the implementation of clean technologies to avoid environmental problems that are generated mainly in the emission of liquid waste to fresh water bodies. In the evaluation of physical resistances, it was observed that when comparing different tanning systems, the superiority corresponds to tension (2642.02 N / cm²) and lastometry (11.78 mm) when using recovered chromium. However, the highest percentage of elongation (66.83%) is recorded when reusing the chromium from the recovered sludge. The sensory evaluation determined a higher weighting of fullness (4.63 points) when reusing the chromium from the wastewater, as well as, a better softness when reusing the tanning bath (5.00 points). In order to avoid contamination of the liquid waste of a tannery, the most appropriate technology was the treatment of wastewater through the recovery of chromium since a biochemical oxygen demand of 310.00 mg / L and an efficiency of 98 %. Also, for the chemical oxygen demand, several techniques were compared and it was established that in the investigation of the redesign of the wastewater treatment plant a considerable decrease in the chemical oxygen demand was achieved (32,300 mg / L). Finally, the economic evaluation reported the highest benefit/cost in reused chrome tanned leathers with 1.26; that is to say, a 26% profit.

Keywords: <TANNING> <CLEAN TECHNOLOGIES> <PHYSICAL RESISTANCES>
<RECOVERED CHROME> <BIOCHEMICAL OXYGEN DEMAND> <CHEMICAL OXYGEN DEMAND>

INTRODUCCIÓN

La industria del cuero y sus manufacturas tienen una larga tradición en nuestro país, remontándose a fines del siglo XVIII, en el cual se registraron las primeras exportaciones, considerando esto, y la importante participación que puede lograr nuestro país desarrollando la producción de cueros, resulta necesario tener en cuenta nuevas alternativas de degradación y tratamiento de las aguas residuales como factor para su desarrollo, (Alvaro, 2010, pág. 25).

El agua es una fuente esencial y principal para todos los seres vivos en la tierra. La pequeña cantidad de agua superficial está altamente contaminada debido a actividades humanas inadecuadas. Los desechos industriales son la fuente más común de contaminación del agua residual sobre todo por la carga orgánica de metales pesados que llevan consigo. El proceso de curtido actualmente tiene un nivel de tecnificación intensivo, lo cual se refleja en un mayor impacto ambiental, ya que en los distintos pasos dentro del mismo se desprenden contaminantes como sólidos en suspensión, metales pesados como el cromo. (Bacardit, 2014, pág. 35).

El proceso de biodegradación de materia orgánica descargada en efluentes consume el oxígeno disuelto del cuerpo de agua receptor, que, junto a un alto contenido de sales y ácidos como el cloruro de sodio, ácido fórmico provocan la muerte de la flora y fauna acuática y las funciones naturales de estos. Por lo antes mencionado es importante encontrar alternativas que ayuden a disminuir dicha contaminación, y que al mismo tiempo nos permitan ser eficientes al momento de realizar el proceso de curtido, la misma que ayuda a reducir el consumo de agua contaminada y obtener al final un cuero para vestimenta con la calidad esperada, (Balseca, 2013, pág. 25).

Las aguas residuales en la industria de curtiembres, se caracterizan por presentar enormes cantidades de contaminación orgánica y tóxica asociada a cloruros, sulfatos y cromo, provenientes del proceso. Lo que implica una problemática que vincula un ámbito ambiental, higiénico y social. El objetivo del presente ensayo es conocer dichos impactos, en especial, el de las aguas residuales generadas en la transformación del cuero, y vislumbrar alternativas tecnológicas emergentes que amortigüen y/o solucionen la problemática desde múltiples aspectos (Bacardit, 2014, pág. 35).

Las fuertes exigencias del mercado internacional, en cuanto a competitividad en la calidad de productos, precios y condiciones ambientales, han generados nuevos desafíos de sustentabilidad para este tipo de industrias. Al promover el cambio de la matriz productiva incentivando al crecimiento de la industria se está dando apertura para un mayor impacto ambiental que debe ser prevenido y mitigado en beneficio de la salud y el bienestar de los seres humanos y el planeta. La calidad de la piel está estrechamente relacionada con la crianza del ganado, generalmente ovino

y/o bovino, forma de pastoreo y cercados en donde se crían los animales. Sin embargo, en el curso del siglo XX, la industria del cuero sufrió una fuerte industrialización, hecho que introdujo grandes desafíos para países de Latinoamérica cuya industria no atendió con rapidez a la necesidad de introducir cambios de tecnología y estrategias de mercado, (Soler, 2005, pág. 56).

Por otro lado, la apertura comercial a otros países produjo grandes desequilibrios internos que fueron especialmente notorios en el caso de países con un sector de curtiembre poco industrializado, debido a la posibilidad de acceder a materias primas de mejor calidad y precio en los mercados internacionales, lo que produjo una recesión de las industrias locales. Empresas como curtiembres, que en la ciudad de Cuenca emplean tecnologías limpias, dando como resultados sólidos sedimentables, sólidos totales, cromo, etc, (Espinoza, 2019, pág. 52).

La industria de la curtiembre tiene un enorme impacto desde el punto de vista ambiental, dadas las características de los efluentes que elimina a los cursos de agua o a la atmósfera. Esta industria mundialmente se reconoce como una de las más contaminantes de aguas, debido a los procesos químicos involucrados. Es conocido que los efluentes de la industria del cuero constituyen uno de los residuos de mayor complejidad para su tratamiento, (Astromelia, 2000, pág. 52)

Las fuertes exigencias del mercado internacional, en cuanto a competitividad en la calidad de productos, precios y condiciones ambientales, han generado nuevos desafíos de sustentabilidad para este tipo de industrias. Los aspectos sociales son también importantes en el desarrollo de estas industrias. Por estas razones, sólo se puedan mantener en el mercado aquellas empresas que tengan tecnologías de punta, personal altamente capacitado y una gestión adecuada de sus procesos y de sus impactos ambientales, (Freire, 2012, pág. 25). Por lo que los objetivos fueron:

- Estudiar diferentes tecnologías limpias para el proceso de curtición de pieles caprinas,
- Validar las características físicas y sensoriales del cuero, utilizando diferentes sistemas de tecnologías limpias,
- Determinar los sistemas más adecuados de fabricación de cuero con tecnologías limpias de pieles caprinas,
- Establecer los costos de producción en la utilización de diferentes sistemas de tecnologías limpias en el proceso curtición de pieles caprinas, para conocer la rentabilidad beneficio costo que les convierten en una actividad de interés económico,

CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. La piel

La piel, viene del latín *pellis*, es señalado como el órgano más grande en los animales y en los seres humanos, no tiene siempre la misma función, sea cual sea la especie que se considere: Proteger al animal de las lesiones y de los agentes atmosféricos, regular la temperatura corporal, etc. por lo tanto su estructura histológica será fundamentalmente la misma en la mayoría de los casos. La piel es un órgano vital que tiene funciones específicas como ser el órgano de protección sumamente eficaz, también es un órgano termorregulador, cumple con la función de mantener la temperatura corporal y la cumple en base a determinadas estructuras fundamentales que son las glándulas sudoríparas y la vascularización (irrigación sanguínea), (Lacerca, 2013, pág. 114).

La piel es un órgano sensorial ya que posee diseminados en toda su superficie una serie de ramificaciones nerviosas con funciones motoras. Toda piel de mamífero consta de tres capas principales: la epidermis, la dermis, y la endodermis (Prat, 2002, pág. 4).

- La epidermis: Junto con el pelo, se eliminan durante el proceso de curtición, es la capa superior que se desprende en determinadas épocas continuamente por la acción del frotamiento exterior, renovándose así mismo en el interior. Está formada por numerosas capas de células, pero es muy delgada en relación con la dermis, y comprende el pelo del animal. A la dermis: Se le define como piel verdadera y es lo que queda luego de eliminar la carne y la epidermis, está formada por las siguientes zonas. Capa flor, o zona papilar, determina el aspecto final del cuero acabado está comprendida por fibras muy finas en las cuales se encuentran las glándulas sebáceas, las glándulas sudoríferas, y los vasos sanguíneos.
- Corium: O zona reticular, está situada debajo de la capa capilar con un espesor mayor, proporciona las características físicas del cuero acabado, está formada por un entretejido de haces de fibras muy bien estructuradas, es la piel destinada al curtido.
- Dermis: Se le define como piel verdadera y es lo que queda luego de eliminar la carne y la epidermis, está formada por las siguientes zonas. Capa flor, o zona papilar, determina el aspecto final del cuero acabado (excepción de los cueros esmerilados) está comprendida por

fibras muy finas en las cuales se encuentran las glándulas sebáceas, las glándulas sudoríferas, y los vasos sanguíneos

- La endodermis: Está formada por fibras horizontales y es atravesada por los vasos sanguíneos. Desde el punto de la fabricación del cuero se distingue entre las capas las siguientes: capa componentes epidermis pelos dermis o corium glándulas sebáceas tejido subcutáneo músculos erectores del pelo glándulas sudoríferas vasos sanguíneos depósitos de grasa músculos la piel de los animales se compone de agua, materias albuminoideas, grasas y sustancias minerales. 50% de carbono, 25% de oxígeno, 7% de hidrógeno, y 17.8% de nitrógeno. el 0,2% restante está formado por sustancias minerales.

La piel en bruto es un producto residual (subproducto de la carne) por lo que intentar controlar al máximo su compra es básico para que una empresa pueda ser competitiva en los procesos posteriores de la cadena de valor. Desde 1999 hasta 2002, el parque mundial de animales para la obtención de piel de bovino, ovino y caprino ha mantenido una cierta estabilidad, con incrementos de alrededor de 1%, siendo los países en vías de desarrollo los que han logrado incrementar la producción, con un retroceso en los países desarrollados. Según estimaciones de la FAO (2002), si se diferencian por tipo de animal, las pieles de bovino se encuentran principalmente en la India y en Latinoamérica (concretamente Brasil), con China en tercer lugar. En la figura 1, se indica la cadena de valor del sector curtiembre, (Melgar, 2015, pág. 43):

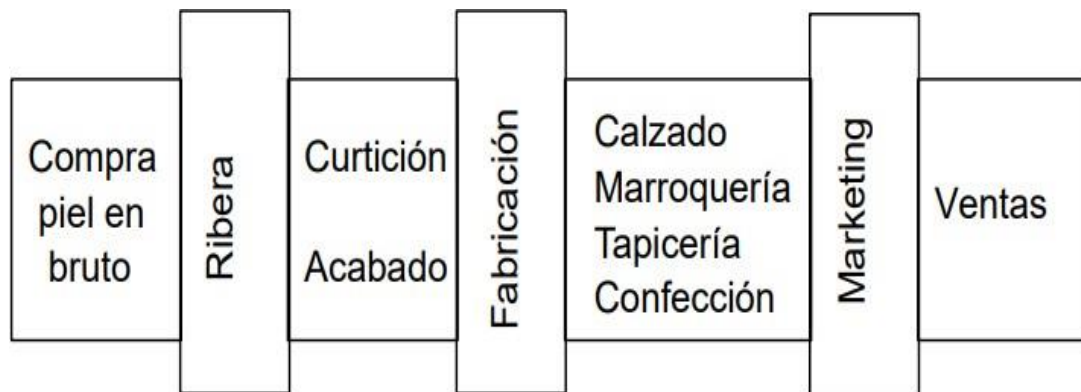


Figura 1-1. Cadena de valor del sector curtiembre.

Fuente: (Melgar, 2015, pág. 43)

Un corte transversal de la piel presenta una estructura complicada distinguiéndose, compuesta por la flor que constituye casi 1/6 de espesor de la piel, contiene las glándulas sudoríparas, las bolsas o folículos del pelo, que contienen los pelos, estos están aceitados por las glándulas, que están unidos a los músculos, las que hace que los pelos se paren cuando el animal tiene frío o este asustado. Luego se ubica el corium, que es la capa generatriz de la piel prácticamente es la dermis,

está compuesto de una sustancia compleja llamada colágeno que es una proteína. La endodermis. Aproximadamente 15% del espesor se eliminada en el descarnado. La queratina también se elimina en el proceso de ribera en la figura 2, se indica un corte transversal de la piel. (Artigas M. ..., 2007, pág. 89).

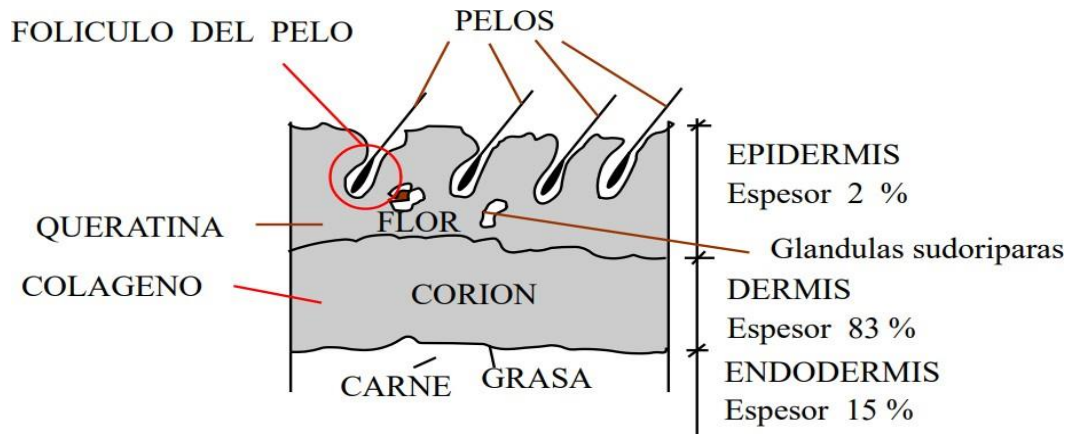


Figura 2-1. Corte transversal de la piel.

Fuente: (Artigas M. ..., 2007, pág. 89)

1.2. Cuero Caprino

Ancestralmente, el cuero es un material que se ha utilizado para confeccionar vestidos o indumentaria, zapatos y hasta armas en tiempo memoriales. Y se obtiene de manera natural mediante la extracción de la capa de tejido o piel que recubre el cuerpo de algunos tipos de animales. Es un material sumamente flexible y resistente, que permite, luego de ser sometido a procesos de curación y manufactura, ser trabajado y manipulado para ser utilizado de diferentes maneras, en la confección y fabricación de diversas piezas, desde prendas de vestir a usos industriales (Ruano, 2019, pág. 1).

Uno de los cueros más utilizados en la rama de la peletería, es el del ganado caprino, obtenido del conjunto de animales conocidos como cabras. Esta especie animal es un mamífero de tipo rumiante, del cual se obtienen muchos beneficios para la producción alimenticia. Sin embargo, el aprovechamiento de su pelaje es uno de los principales aspectos que lo hacen tan atractivo para quienes lo comercializan como para quienes adquieren y usan las piezas confeccionadas con su piel y cuero, (Cabrera, 2011, pág. 32).

Este tipo de animales se reproducen con gran rapidez y durante todo el año y fue domesticado hace milenios, aprovechándose todo de él, como su carne, leche, su piel y hasta sus desechos o lo que se conoce como estiércol, muy útil para abonos y otros usos, (Ruano, 2019, pág.1).

El cuero del caprino en relación a la estructura de su piel es mucho más firme y más gruesa que la piel de los ovinos, por ejemplo, por lo que es considerada muy apta para la confección y fabricación de vestidos y todo tipo de prendas de vestir, ropa para el invierno o de protección de bajas temperaturas, zapatos y también como revestimiento de todo tipo de artículos de cuero. Otra de las ventajas es que tolera ampliamente el proceso de teñido, por lo que es posible encontrarlo comercialmente de una amplia gama de colores variados cuero, (Espinoza, 2019, pág. 1).

La piel de cabra se caracteriza por ser de condiciones muy finas y flexibles, lo cual las hace resistentes, pero a su vez con una estructura muy compacta. Incluso, es considerada una de las pieles más finas del mercado, puesto que una vez trabajadas y curtidas, son comúnmente utilizadas para la fabricación y confección de costosos zapatos y guantes, e inclusive para la encuadernación de obras, enciclopedias y todo tipo de publicaciones de muy alta calidad, (Cordero, 2011, pág. 48).

Afortunadamente, con el avance de la civilización se ha comprobado científicamente que los caprinos bien manejados no provocan daño al medio ambiente. Las cabras más jóvenes ofrecen al mercado un cuero aún más fino y con un valor muy superior a otros tipos de cuero, debido a su delicada resistencia. Por su alta capacidad de reproducción y de adaptarse a casi todo tipo de lugares, aún con falta de áreas de pastoreo, los caprinos y su cuero son uno de los preferidos en la industria de la peletería, (Cabrera, 2011, pág. 34).

1.3. La industria del curtido

Los procesos de transformación en la industria de curtiembres se desarrollan mediante etapas discontinuas, en grandes tambores rotatorios denominados fulones. En cada una de las etapas se requiere aditivos químicos y elevados volúmenes de agua (30-60 m³/ton piel). Como resultado, además del cuero, se genera una importante carga contaminante. Estos contaminantes consisten en residuos sólidos, líquidos y gaseosos, siendo el de mayor preocupación el líquido, por su elevada carga orgánica y toxica, Algunos de los efectos contaminantes de los mencionados efluentes sobre el ambiente son los siguientes (Astromelia, 2000, pág. 65):

- Efectos nocivos sobre la vida acuática, dado que se reduce drásticamente el contenido de oxígeno disuelto en el agua, debido principalmente a la presencia de sulfuro y materia orgánica biodegradable.

- La presencia de cromo trivalente afecta la calidad del agua para uso futuro, tanto humano como agrícola e industrial. Las sales ocasionan incrustaciones en las tuberías por acumulación de carbonato de calcio y gran cantidad de depósitos sólidos
- Se ha estimado que más de 55.000 hectáreas de tierra han sido contaminados por residuos de curtiduría y alrededor de 5 millones de personas están afectadas por la baja calidad del entorno social y de agua potable. La salinización de los ríos y las aguas subterráneas es tan seria que ha llevado a la pérdida de la producción agrícola y la reducción de la calidad del agua potable.

Generalmente el proceso de curtición se compone de tres etapas principales: etapa de la casa (ribera), etapa de curtido y etapa de terminación. Las que a su vez se dividen en otras operaciones así, (Schorlemmer, 2002, pág. 67):

- El proceso de transformación de la piel en cuero se inicia con la etapa de remojo, en donde se reciben las pieles para ser limpiadas y preparadas para las siguientes etapas. Las pieles provenientes de mataderos suelen llegar con restos de sangre, tierra y estiércol y es necesario darles una limpieza exhaustiva. Se puede utilizar la piel de diversos animales, aunque las más comunes para esta empresa suelen ser las de ovino y pecarí. Las pieles suelen recibirse frescas o pueden haber sido tratadas con sal común, para secarlas y evitar su descomposición, dependiendo del proveedor y del tiempo que toma transportarla hasta la curtiduría
- La segunda etapa es la del pelambre, donde se retiran los pelos de la piel para obtener una superficie lisa y homogénea. En la planta se usa principalmente sulfuro de sodio para este propósito, aunque también se pueden utilizar otros agentes depilantes como hidrógenosulfuro de sodio (NaSH) y diferentes aminos alifáticas. El pH del sistema es ajustado a 12 utilizando Ca(OH)_2 como agente encalante pues el proceso necesita un medio básico para hidrolizar la queratina del pelo y hacer más fácil su remoción. Durante la hidrólisis se exponen nuevos grupos funcionales proteicos que aumentan la reactividad de la piel y promueven la adsorción de agua.
- El hinchamiento de las pieles aumenta el espacio entre las fibras de colágeno para que luego otros agentes químicos puedan penetrar en la estructura. De no lograrse una apertura óptima, las fibras se adhieren entre ellas y se obtiene una piel dura y quebradiza. Después de las tres horas iniciales de pelambre, se deja reposar la piel por 12 horas y se sigue con un lavado profundo de entre 1 a 3 horas adicionales.

- Los efluentes de pelambre representan un gran peligro para el ambiente y la salud ocupacional pues contienen altas concentraciones de iones sulfuro. A pH ácido, estos pueden protonarse para producir el gas H_2S que, en adición a su fuerte hedor, es sumamente tóxico. Asimismo, las proteínas ya degradadas aumentan la carga orgánica de los efluentes, incrementando los valores de DBO5 y DQO. La demanda química de oxígeno (DQO) es una medida del contenido de materia oxidable dentro de un efluente, tanto orgánica como inorgánica. Por otro lado la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) da una medida de la cantidad de materia orgánica biodegradable en una muestra. Ambas son medidas muy útiles pues indican la cantidad de oxígeno que será consumido cuando los efluentes sean vertidos a los cuerpos de agua.
- El pelambre es seguido por el descarne, etapa que consta de un esfuerzo mecánico con máquinas descarnadoras para eliminar las capas sobrantes de grasa y carne. Luego, se reduce el pH para empezar el proceso de desencalado, donde se agrega sulfato de amonio para extraer los restos de agentes encalates utilizados previamente. Los agentes desencalantes son sales hidrolizables ácidas que reaccionan con los agentes encalantes, neutralizándolos y formando sales solubles que son arrastradas con el flujo de agua. Asimismo, se añade hidrógenosulfito de sodio para desengrasar las pieles y dar un lavado profundo.
- Al terminar el desencalado se tiene una etapa de purga donde las pieles son rotadas junto a agentes desengrasantes y humectantes por 45 minutos para después pasar a una nueva etapa de lavado. La siguiente etapa es el piquelado, donde se acidifica la piel hasta un pH aproximado de 2.8 con lo cual se la acondiciona para permitir que los agentes curtientes penetren debidamente en su estructura. Para dicha tarea se utiliza H_2SO_4 al 1,2% o en su defecto, ácido fórmico, así como una cantidad dada de NaCl. Este proceso suele durar entre 2 a 3 horas y es seguido por 2 horas adicionales de lavado tras lo cual se mantienen los baños del piquelado para seguir hacia la etapa del curtido. La proporción de NaCl y ácido debe ser la adecuada, pues un exceso de cualquiera de estos insumos puede afectar la calidad del cuero producido. Si el pH baja demasiado, la piel tenderá a hincharse irreversiblemente, mientras que si se usa demasiada sal, la piel se deshidratará y producirá cueros planos y sin llenura.

1.4. Principales contaminantes en el proceso de curtido de pieles

El proceso de curtido de la piel, en el cual se utilizan diferentes agentes curtientes que penetran la estructura para estabilizar las fibras de colágeno. Se pueden usar agentes curtientes minerales o vegetales, aunque la producción mundial de cuero utiliza mayoritariamente las sales minerales a base de cromo (sulfato de cromo $Cr_2(SO_4)_3$), sulfato básico de cromo $Cr(OH)SO_4$ u óxido de

romo Cr₂O₃) que hidrolizan en medio acuoso para producir diversas especies dependiendo del pH. Gracias a la estabilización del colágeno, las fibras ya no se adhieren tan estrechamente entre sí con lo que la piel adquiere flexibilidad y mayor suavidad. Asimismo, se vuelve capaz de resistir temperaturas mayores a 80°C sin gelatinizarse o descomponerse, (Pérez, 2014, pág. 76).

En vista de los potenciales peligros del cromo, se podría pensar en utilizar otros tipos de agentes curtientes, por ejemplo, agentes curtientes vegetales como los taninos, cuyas propiedades y beneficios se muestran, comparativamente a los del cromo, (Duque, 2017, pág. 31)

Por la biodegradabilidad de los taninos, la contaminación generada por ellos puede ser revertida en corto tiempo, ya que pueden ser extraídos de diversos tipos de árboles, existen varias opciones para su obtención. Aun cuando su uso se considera amigable con el ambiente, los taninos han sido desplazados significativamente por los insumos a base de cromo ya que con estos últimos se pueden producir cueros de mejores calidades y en menores tiempos. A nivel mundial se conocen también agentes de curtido a base de aluminio, circonio, y aldehídos. Debido a la creciente preocupación por las descargas tóxicas de cromo se está empezando a dar más importancia al curtido wet-white 13 hecho con una combinación de aldehídos, polímeros y compuestos auxiliares, agentes curtientes vegetales y agentes curtientes sintéticos conocidos como sintanes, (Méndez, 2011, pág. 100)

1.4.1. Contaminación por la industria curtidora

El proceso de curtiembre tiene como finalidad transformar la piel de un animal en un producto imputrescible y con mejores propiedades. Para esto, la piel pasa por una serie de etapas que la acondicionan y transforman hasta obtener el producto final. Existe un procedimiento general para el proceso que las curtidorías suelen modificar, ya sea alterando la secuencia de etapas a seguir o utilizando diferentes reactivos, para poder diferenciar su producto. Este hecho es muy importante pues, si la diferenciación es efectiva y produce un cuero de alta calidad y buenas propiedades, la curtidoría será más competitiva frente a las demás. (Artigas M. ..., 2007, pág. 54)

Los procesos de ribera y curtido convencionales representan casi el 90% de la contaminación total de una curtidoría. Dichas operaciones resultan en variaciones en el pH y causa aumento de la demanda química de oxígeno (DQO), sólidos totales disueltos (TDS), cloruros, sulfatos en las aguas residuales. El proceso de pelambre convencional genera efluentes con altas concentraciones de sulfuro de sodio y cal representando el 84% de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), el 75% de la DQO y 92% de sólidos en suspensión (SS) de una curtidoría. (Cordero, 2011, pág. 32) .

El uso de sulfuro de sodio no sólo da lugar a consecuencias desfavorables sobre el medio ambiente sino que también afecta a la eficacia de las plantas de tratamiento de agua), y la actividad de los microorganismos en un posible sistema de biodegradación). Sin embargo existe información de un sustenta un sistema de lodos activados a escala piloto, que consiste en el consumo de materia orgánica biodegradable por compuestos carbonosos. Dicho sistema se alimentó con un efluente de curtiduría estándar, logrando remover un 80% de materia orgánica y sobre 90% de DBO. Sin observar algún efecto inhibitorio por la presencia de sulfuros o cromo, (Bacardit, 2014, pág. 45).

Demostrando así la viabilidad metodológica y económica de aguas residuales en medio de un sistema de biodegradación sustentable. Sumado a lo anterior es necesario generar una cantidad significativamente menor de lodos y así evitar costos adicionales, pues desde el punto de vista económico adoptar medidas para controlar la contaminación de aguas residuales, como en la figura 3, indica las principales contaminantes de la industria del cuero (Hidalgo, 2014, pág. 45) .

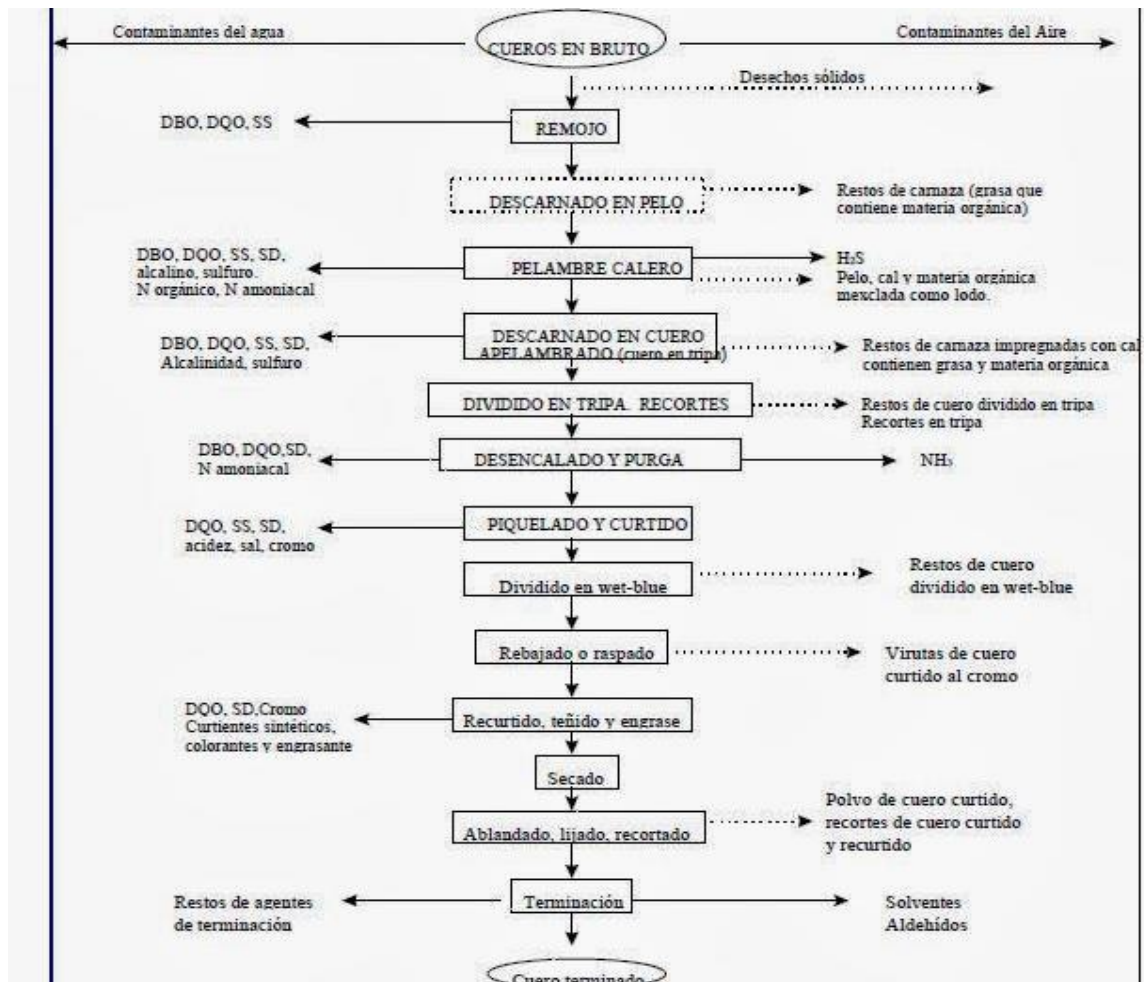


Figura 3-1. Principales contaminantes de la industria del cuero.

Fuente: (Hidalgo, 2014, pág. 45)

En ese sentido es ideal recircular la mayor cantidad de agua posible sin dañar la calidad del producto final. Agudelo expone un modelo de reciclaje de efluentes generados por procesos de curtido, el cual que consiste en la precipitación del cromo y separación de dicha mezcla heterogénea por sedimentación, logrando así una recirculación directa de aguas de pelambre hasta máximo tres veces con ahorros de agua del 64% y ahorros en materia prima (cromo) del 32 %. Después de todos estos procesos realizados en la producción del curtido, cada etapa va dejando residuos contaminantes, los cuales van a ser transferidos al aire y en el caso de nuestro estudio hacia el agua que ha sido utilizada, (Hidalgo, 2014, pág. 45)

Los residuos sólidos y líquidos de las curtiembres pueden causar diversos impactos al medio ambiente, requiriendo tratamiento para la reducción de la carga contaminante. Los procesos aplicables en las curtiembres pueden ser los siguientes, (Duque, 2017, pág. 64):

- Pre-tratamiento: separación de material grueso y remoción de grasas.
- Tratamiento físico-químico: oxidación de sulfuros; equalización y homogenización; coagulación y floculación y sedimentación primaria.
- Tratamiento Secundario: Lagunas aireadas de mezcla completa; lodos activados (convencional) y lodos activados (aireación prolongada). Estos procesos son probados y se recomiendan su implementación por su bajo costo fijo y operativo, sus desventajas son que utilizan grandes espacios de terreno y las calidades de los efluentes no siempre alcanzan los límites que se puedan imponer en las regulaciones ambientales, en tales casos evaluar la posibilidad de implementar sistemas de afino con tratamientos avanzados

1.4.2. Contaminación en el proceso de curtido

El curtido convierte las pieles de diversos animales en cuero. El método más corriente es el que utiliza cromo, aunque existen otras formas de curtir tales como utilizar taninos orgánicos. Las pieles sometidas a los trabajos de ribera aún son putrescibles, no resisten al calor, y si se secan adquieren un tacto duro. La curtición consigue eliminar estas deficiencias, y al material obtenido se lo conoce como cuero. El sector industrial específicamente en los rubros de curtiembre es generador de importantes cantidades de residuos orgánicos, (Bart, 2008, pág. 123).

Las diferentes etapas de la curtiembre generan una gran variedad de residuos sólidos y líquidos que necesitan un tratamiento adecuado antes de ser vertidos a los cuerpos receptores. Se estima que, para procesar una tonelada de piel desde el proceso de ribera hasta el proceso final de

acabados, se usan entre 15 y 40m³ de agua fresca, lo que genera, en consecuencia, un volumen semejante de residuos líquidos. Estos residuos han sido parametrizados por diferentes entidades ambientales, estableciéndose límites máximos permisibles por rubro industrial para evitar la contaminación de las aguas naturales. Se estima que cerca del 60% en peso de la piel bruta se elimina como residuo en la industria de curtido. Además, cerca del 15% del peso total de la piel se descarga en las aguas residuales principalmente en la forma de grasas, pelo degradado y fibras. Estos últimos son los responsables del lodo generado en aquellas empresas que poseen una planta de tratamiento de residuos líquidos. Los lodos, previamente secados, también se envían a vertederos municipales o privados, (Pérez, 2014, pág. 68).

Por otro lado, los residuos sólidos de otras etapas del proceso son, principalmente, cuero curtido en la forma de pedazos, viruta y polvo. Estos residuos se van acumulando junto a las máquinas de corte, raspado y lijado y son almacenados generalmente en tambores metálicos los principales desperdicios producto del proceso de curtido de cuero son efluentes líquidos y residuos sólidos". Dichos residuos provienen del agua de remojos y lavados, junto con restos de pelos, tintas, grasas y productos químicos utilizados en las distintas etapas del proceso, (Mijaylova, 2012, pág. 54).

Los residuos sólidos cromados son los provenientes de recortes y rebajaduras del cuero curtido y el lodo proveniente de las plantas de tratamiento de las aguas residuales, la mayor parte de los residuos sólido tienen un contenido de cromo tan elevado que son considerados tóxicos y deben descargarse en sitios específicamente destinados a tales efectos. Las aguas residuales se van cargando con proteínas solubles liberadas por los cueros y con remanente químicos de los productos utilizados que afectan el medio ambiente de distinta forma, (Artiga, 2005, pág. 34)

Las aguas residuales de la curtiembre pueden causar problemas que representan efectos negativos sobre el ambiente. La disposición de los residuos líquidos y sólidos, así como la emisión gaseosa sobre el cuerpo del agua, suelo y aire, degradan la calidad ocasionando daños ambientales muchas veces irreversibles. El suelo alrededor de las industrias de curtiembre, así como el de las áreas de almacenamiento y deposición de sus residuos, está expuesto a deteriorarse si no se toman medidas preventivas, de igual manera, podría interferir en futuros usos del mismo y contribuir a la contaminación de cursos de aguas cercanas, (Sampedro, 2019, pág. 1)

Las aguas residuales de curtiembre cuando son descargados directamente a un cuerpo de agua ocasionan efectos negativos en los usos posteriores de estas aguas, un cuerpo de agua contaminada disminuye su valor de uso como agua para bebida o para fines agrícolas e industriales, afecta la vida acuática, mueren los peces por disminución del oxígeno disuelto en el agua se convierte en no apta para el consumo, (Artiga, 2005, pág. 23)

Una evaluación sobre el potencial de contaminación de agua residual de curtiembre en función de sus principales características, muestra lo siguiente: Sulfuro. Presenta riesgo de formación de gas sulfhídrico y olores desagradables, amonio. Tóxico para los peces y es un nutriente que puede causar proliferación de plantas acuáticas, cromo. Metal pesado puede causar serios problemas a la salud humana, especialmente si su concentración supera los límites permisibles de calidad para el agua potable, color. Proveniente de la etapa del teñido (anilina), perjudica la actividad fotosíntesis de las plantas acuáticas y provoca su muerte, sólidos. Ocasionalmente ocasionan la formación de lodos que producen olores desagradables, en la tabla 1-1, se indica los límites máximos permisibles de parámetros contaminantes en la industria del cuero (Prat, 2002, pág. 21).

Tabla 1-1: Límites máximos permisibles de parámetros contaminantes en la industria del cuero

Parámetros	Límites Máximos Permisibles de efluentes	
	Para alcantarillado	Para aguas superficiales
Ph	6,5-9,5	5,0-8,5
Temperatura (°C)	35	35
Sólidos suspendidos totales (mg/L)	1000	50
Aceites y Grasas (mg/L)	100	25
DBO5 (mg/L)	1000	50
DQO (mg/L)	2500	250
Sulfuros (mg/L)	10	1
Cromo VI(mg/L)	0,5	0,3
Cromo total (mg/L)	5	2.5
N - NH4 (mg/L)	50	20

Fuente: (Prat, 2002, pág. 21)

1.5. Efectos del cromo en la salud y el medio ambiente

En el medio ambiente el aire y el agua se contaminan con cromo (III y VI) a partir de las actividades humanas. En el aire, los compuestos de cromo están presentes principalmente como partículas de polvo finas, puede aumentar como resultado de la producción de acero, soldadura de acero inoxidable, manufactura de productos químicos y uso de productos que contienen cromo. La contaminación de las aguas ocurre por la descarga de desechos derivados de la manufactura de colorantes y pigmentos para el curtido de cueros; la mayor parte de las veces, el cromo se va al fondo y sólo una pequeña parte se diluye en el agua. El suelo también puede contaminarse, debido al depósito de residuos de la industria y cenizas de carbón provenientes de plantas generadoras de electricidad. (Bart, 2008, pág. 54)

En la salud el cromo (III) es un elemento nutritivo esencial para el metabolismo de azúcar, proteínas y grasa aunque su función no está totalmente definida, aparentemente potencia la acción de la insulina como parte del factor de tolerancia de la glucosa. La deficiencia de cromo en la dieta es poco frecuente, la mayoría de los casos se observa en personas desnutridas o diabéticas. La deficiencia de cromo se caracteriza por intolerancia a la glucosa, trastornos de la fertilidad, pérdida de peso, reducción del crecimiento y difusión del sistema nervioso. Para los adultos se recomienda una ingesta diaria de entre 50 y 200 microgramos de cromo (III), (Hidalgo, 2014, pág. 61).

Sin embargo, la exposición prolongada a cantidades excesivas de (III) puede causar problemas en la salud, entre ellos se puede desarrollar una sensibilidad al cromo que causa enrojecimiento de la piel y lesiones. Respirar niveles altos de cromo (VI) puede causar irritación de la nariz, hemorragias nasales, úlceras y perforaciones en el tabique nasal. Ingerir grandes cantidades de cromo (VI) puede producir malestar estomacal y úlceras, convulsiones, daños del hígado y el riñón, y puede aún causar la muerte. En los ojos expuestos de manera crónica a derivados de cromo (VI) se observan conjuntivitis, lagrimeo y dolor, (Duque, 2017, pág. 23).

El ácido crómico y sus sales son corrosivos para la piel y la membrana mucosas. Las lesiones aparecen en las partes expuestas, principalmente en la piel de manos y antebrazo y las membranas mucosas del tabique nasal. El cromo es un contaminante cuya concentración máxima permisible como cromo total en vertimientos industriales es de 1 mg/L (DAMA, Resolución 1074 de 1997). El Decreto 3930 aún no ha publicado los parámetros básicos permisibles para vertimientos a nivel nacional, (Cabrera, 2011, pág. 54).

1.6. Reciclaje de los efluentes de curtido

Los efluentes más contaminantes de una curtiembre son los de pelambre y curtido; por tanto, se pretende reciclarlos. En cambio, aquellos que no contengan cromo deben ser tratados mediante sedimentación primaria y luego mediante un proceso biológico. Los efluentes de pelambre y curtido deben ser acondicionados antes del reciclaje; para ello, se somete al efluente de pelambre a sedimentación primaria, coagulación-floculación y sedimentación secundaria; y, al de curtido a sedimentación primaria. Mediante estas operaciones unitarias primarias, se consigue que los efluentes cuenten con características para el reciclaje de los mismos, previo el acondicionamiento de insumos químicos hasta alcanzar las concentraciones necesarias para el pelambre y curtido respectivamente, (Artiga, 2005, pág. 41)

El efluente de curtido debe ser reciclado después de los procesos de tratamiento y acondicionamiento. El acondicionamiento y tratamiento consiste de una operación unitaria

sedimentación primaria. Antes de cada etapa de reciclaje, es necesario regular el valor de pH a 3.0, con el fin de que las sales de cromo no precipiten sobre la superficie de la piel. La concentración de sólidos disueltos no causa problemas en la operación de reciclaje, por tanto no es necesario reemplazar una cantidad de efluente de curtido por agua fresca para bajar la carga contaminante de los residuos industriales líquidos de una curtiembre, (Astromelia, 2000, pág. 51).

Para las operaciones de reciclaje, es necesario modificar el proceso convencional de curtido mediante la separación del piquelado y el curtido propiamente dicho, en dos etapas diferentes. Antes de una sedimentación primaria, el efluente de piquelado puede ser utilizado en futuros ciclos, Con los procesos de reciclaje, el cuero obtenido tiene las características de Soltura, superficie bien definida, llenura, estructura compacta de la piel. 0% de contracción del cuero a la temperatura de ebullición del agua, (Artigas M. ..., 2007, pág. 28).

Las aguas del proceso de curtido tienen pH ácido, entre 2 y 4; en este rango de pH el cromo trivalente es muy soluble y los floculantes prácticamente no alcanzan a precipitarlo; la cantidad que puede ser retenida por material adsorbente como carbón activado genera lodos residuales sin reutilización del cromo por quedar contaminado con otras sustancias retenidas por el carbón, además de la rápida saturación de este último debido a la elevada concentración del cromo, (Espinoza, 2019, pág. 23).

Otras industrias utilizan como agente precipitante la cal, que si bien disminuye la concentración de cromo en las aguas residuales, incrementa la producción de lodos. Estos sistemas de tratamiento no producen los resultados ambientales que se requieren, pues el índice de remoción está muy por debajo de lo requerido, y como no ofrecen la posibilidad de recuperar el cromo para su reutilización, se convierten en un sobre costo para las industrias, (Sampedro, 2019, pág. 34)

1.7. Tratamiento convencional de aguas residuales

Todas las aguas de proceso resultantes de estas industrias no son tratadas adecuadamente ya sea por su costo elevado, por falta de una opción de manejo o porque su tratamiento sería aplicar otra clase de químicos lo cual es perjudicial para el medio ambiente, resulta más conveniente la reutilización de los baños de los diferentes procesos para realizar el curtido de las pieles. En todo proceso productivo existen dos medidas encaminadas a la reducción de carga contaminante procedente de los efluentes, (Bacardit, 2014, pág. 21):

- Las medidas internas, encaminadas a reducir en todo lo posible la utilización de productos contaminantes, la reutilización y en caso necesario la sustitución de dichos productos.

- Las medidas externas, las cuales van encaminadas a los procesos de depuración de los efluentes contaminados.

Hay que tener en cuenta, que la selección del tipo o tipos de tratamiento de depuración de los efluentes producidos dependerá del caudal y tipo de contaminantes de cada industria. En general se recurre a los procesos tradicionales, que son el tratamiento físico-químico, y, en menor medida, el proceso biológico, (Astromelia, 2000, pág. 21).

1.7.1. Tratamiento físico-químico

El tratamiento consiste en la dosificación de productos químicos llamados coagulantes y floculantes, para desestabilizar y aumentar el tamaño de las sustancias contaminantes, y posteriormente separarlas mediante sedimentación. Los coagulantes se encargan de desestabilizar las partículas de pequeño tamaño formando microflóculos, mientras que los floculantes aumentan el tamaño de los agregados. De esta forma, se consigue reducir el contenido en sólidos en suspensión, materias coloidales y otras materias no sedimentables, (Cordero, 2011, pág. 21).

Mediante el tratamiento físico-químico se logra disminuir la DQO, la DBO5 y el color. Por el contrario, se genera una elevada cantidad de fango y un elevado coste de operación, debido principalmente a los reactivos. Para implantar un tratamiento físico-químico es necesario determinar previamente las dosis óptimas de coagulante y floculante, así como determinar el pH óptimo de adición del coagulante. Los ensayos de jar-test permiten determinar a escala de laboratorio estos parámetros, (Bacardit, 2014, pág. 51).

En las aguas de tenería a la hora de ajustar el pH se tiene que tener en cuenta que son aguas con un elevado contenido en sulfuros, con lo que es necesario previo al tratamiento físico-químico una oxidación de sulfuros para evitar la formación de ácido sulfhídrico, así como una menor sensibilidad a las variaciones tanto de caudal como de composición, gran flexibilidad en el diseño de la planta y posibilidad de adaptación según las características del vertido ya que puede ser aplicado a diversos efluentes, (Melgar, 2015, pág. 21).

1.7.2. Tratamiento biológico

El tratamiento biológico consiste en la eliminación de la materia orgánica mediante la acción de microorganismos. A su vez los procesos biológicos se pueden clasificar en función de si los procesos son aerobios (oxidación de la materia orgánica mediante O₂) o anaerobios (ausencia de O₂). Por lo general, los procesos empleados en la depuración de aguas residuales son

principalmente aerobios. Sin embargo, en la industria agroalimentaria (cervecera, láctea, destilerías) los procesos anaerobios han demostrado ser muy eficientes para una primera etapa de tratamiento biológico. Ello es debido a que la elevada concentración de materia orgánica en el agua residual hace que los costes de aireación sean excesivamente elevados si se emplean únicamente procesos aerobios, (Pérez, 2014, pág. 12).

Aun así, su implantación no es frecuente, ya que la operación de un reactor anaerobio es más complicada que la de un reactor aerobio, siendo las bacterias productoras de metano muy sensibles a los tóxicos. En el caso de las industrias de curtidos, el tratamiento anaerobio podría ser una alternativa interesante de trabajo. En investigaciones se estudiaron la combinación de un reactor anaerobio tipo UASB (“upflow anaerobic sludge bed”) con una unidad de recuperación de azufre. Así, en el reactor anaerobio, las bacterias metanógenas producían metano a partir de los ácidos formados en las primeras fases de la descomposición anaerobia y las bacterias sulfato reductoras reducían el sulfato a sulfuro. El sulfuro se transfería en una fase de absorción y era posteriormente oxidado a azufre. No obstante, la inversión requerida para este tipo de proceso es muy elevada y su operación compleja, por lo que no se ha implantado a nivel industrial en Europa, (Sampedro, 2019, pág. 27)

Descartados los procesos anaerobios, cabe comentar que podemos dividir los procesos aerobios en dos grandes grupos según la disposición de la biomasa en el reactor: aquellos en que los microorganismos se encuentran en suspensión y aquellos en los que se encuentra en forma de biopelícula sobre un soporte. Estos últimos suelen ser calificados como tecnologías de bajo coste pues no requieren introducción forzada de O₂ (lechos bacterianos, biodiscos). En los últimos años se ha desarrollado un proceso de biomasa en película de lecho móvil (se encuentra en suspensión en el reactor), y en éstos sí que se incluye aireación forzada, (Salmeron, 2005, pág. 23).

En cualquier caso, las dificultades a la hora de hacer frente a problemas de operación del proceso biológico (variación de la carga másica, control de la concentración de microorganismos, control del oxígeno suministrado) han conllevado la utilización masiva del proceso biológico en el que los microorganismos se encuentran en suspensión en el reactor: el proceso de fangos activos. El proceso de depuración convencional por fangos activos consta de un reactor en el que se mezcla el agua residual a tratar con la biomasa, que se encuentra en suspensión en forma de flóculos compuestos principalmente por bacterias. Asimismo, el oxígeno es introducido en el reactor para que los procesos de descomposición sean aerobios (Coloma, 2018, pág. 34).

La materia orgánica se elimina debido a las reacciones metabólicas de los microorganismos heterótrofos, que necesitan de la misma tanto para las reacciones de catabolismo (ganancia

energética) como de anabolismo (producción de nuevo material celular). Una vez que se llevan a cabo estas reacciones, la biomasa, que habrá aumentado en concentración debido a la producción de nuevas células, ha de ser separada del agua depurada. Esta separación se suele realizar por sedimentación. Precisamente, el principal inconveniente de esta aplicación en las industrias de tenería es que debido a su elevado contenido en sales, la conductividad del licor de mezcla es muy elevada, produciendo así una difícil separación de los microorganismos del agua depurada, ya que la floculación de la biomasa es débil. Posibles soluciones son las siguientes, (López J. &, 2000, pág. 43):

- Separación de la biomasa del agua depurada por flotación Se ha aplicado a aguas residuales de la industria textil, entre otras. Sin embargo, el proceso es más caro pues requiere la introducción forzada de aire en forma de finas burbujas que separen dichos sólidos en suspensión.
- Separación de la biomasa del agua depurada por membranas. Este proceso se ha denominado biorreactor de membranas (MBR) del inglés Membrane Bioreactor. Su empleo se está extendiendo en la depuración de aguas residuales urbanas y en aguas residuales procedentes de industrias agroalimentarias, pero en el caso de aguas residuales de tenería su operación presenta problemas ya que la elevada concentración de sales y la presencia de determinados compuestos orgánicos que llegan sin degradarse al tanque de membranas pueden causar incrustaciones y el ensuciamiento de las mismas, (Coloma, 2018, pág. 67)

1.7.3. Pretratamiento y oxidación de sulfuros

En primer lugar, se realiza un tamizado, con el fin de eliminar los sólidos gruesos, principalmente viruta procedente de las pieles. Las aguas ácidas se almacenan en una balsa y las alcalinas en otra. Los vertidos alcalinos, procedentes de la fase de remojo pelambre ($\text{pH}=12,5$), se bombean a un tanque de oxidación catalítica para la eliminación de sulfuros. La capacidad de este tanque debe ser suficiente para albergar todos los vertidos alcalinos generados en el día. Este tanque dispone de una soplante para insuflar aire mediante difusores. También dispone de una turbina agitadora para favorecer la entrada demás aire y así permitir tiempos de oxidación inferiores, (Artiga, 2005, pág. 32).

Los sulfuros y bisulfuros presentes, pasan a otros estados de oxidación del azufre, desde valencia cero, hasta valencia 6 del sulfato. La oxidación no transcurre de una forma cuantitativa hasta la especie con mayor estado de oxidación, sino que se obtiene una mezcla de todas las especies posibles. Todas las especies intermedias son oxidables, por lo que confieren DQO al vertido. La

oxidación total hasta sulfato, bajaría la DQO, pero aumentaría considerablemente el contenido en sulfatos, el cual está limitado en la concesión de vertido, (Coloma, 2018, pág. 21).

1.7.4. Homogenización y tratamiento físico-químico

Consiste en un depósito en forma de decantador cilindro-cónico dotado de una turbina agitadora y de un anillo periférico con difusores de aire, para mejorar la homogeneización. A este tanque se van bombeando, a medida que se van generando, los distintos caudales de carácter ácido (vertidos de la línea de curtición, tinturas y engrase), así como los alcalinos, después de la oxidación de los sulfuros. Al final de la jornada se deben tener todos los vertidos generados en el día, a un pH comprendido entre 9 y 10. Se evacua el líquido sobrenadante al colector municipal, mediante bocas de desagüe flotantes y al día siguiente se evacuan los lodos por vaciado completo del tanque homogeneizador, trasvasándolos a un espesador de lodos, (Sampedro, 2019, pág.43).

1.7.5. Tratamiento de fangos

Los fangos procedentes del tratamiento físico-químico pasan a un espesador de fangos y posteriormente a un filtro prensa el cual deja los fangos con una humedad de alrededor de un 40%. Estos fangos, son gestionados mediante un gestor de residuos y llevados a un vertedero industrial. Con este tratamiento no se depura totalmente el agua residual, sino que ocasiona problemas que se deben a, (Duque, 2017, pág. 34):

- El tratamiento físico-químico no se haya optimizado, al no realizarse tratamiento biológico, la concentración de materia orgánica a la salida de la depuradora es aún muy elevada.
- No se reduce conductividad en el tratamiento previamente detallado, siendo la concentración de sales el problema fundamental en el vertido de las aguas residuales de tenería. En la presente Tesis Doctoral se estudia tanto la optimización del tratamiento físico-químico como la aplicación de un tratamiento biológico de fangos activos SBR para eliminar materia orgánica y procesos de membrana para disminuir la conductividad del agua residual. Comoquiera que el tratamiento físico-químico es una técnica ya conocida, se desarrollan a continuación los antecedentes sobre SBR y membranas, no aplicados en la actualidad en España a aguas residuales de tenería.

CAPITULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Procedimiento para la recuperación de la información

2.1.1. *Búsqueda bibliográfica*

- <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2650/1/96T00123.pdf> . Diseño de un sistema de tratamiento de agua residual el proceso de pelambre para su reutilización , curtiembre de pieles PUMA,
- <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1758/1/17T0793.pdf> Reutilización del baño de curtido en el proceso de pickelado de pieles ovinas.
- http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/1076/Ortiz_Penagos_Nidia_Elena_2013.pdf?sequence=1 Recuperación y reutilización de cromo de las aguas residuales del proceso de curtido de curtiembres de San Benito (Bogotá), mediante un proceso sostenible y viable tecnológicamente.
- http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4061/Portada_Mamani_Alberto.pdf?sequence=1&isAllowed=y Tratamiento de las aguas residuales del proceso de curtido en pieles por procesos físico-químico de la curtiembre de la facultad de ingeniería química de la UNA PUNO.
- https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/2329/1/Tesis_t686id.pdf “sistema de producción más limpia para el manejo de efluentes en el laboratorio de pruebas físicas de cuero de la asociación nacional de curtidores del ECUADOR – ANCE”

2.1.2. *Criterios de selección*

El proyecto de investigación que se desarrollara se ubica en el campo de la investigación bibliográfica o documental para lo cual se realizara la revisión de material bibliográfico existente con respecto al tema a estudiar (trabajos de titulación, investigaciones, ensayos, ponencias, artículos científicos, entre otros). Se trata de uno de los principales pasos para cualquier investigación e incluye la selección de fuentes de información. Se le considera un

paso esencial porque incluye un conjunto de fases que abarcan la observación, la indagación, la interpretación, la reflexión y el análisis para obtener bases necesarias para el desarrollo de cualquier estudio. Los criterios de selección deberán incluir los siguientes pasos:

- **Pertinencia:** Se refiere a que las fuentes deben ser consonantes con el objeto de estudio, así como sus objetivos, para así fundamentar la investigación.
- **Exhaustividad:** Todas las fuentes deben ser necesarias, suficientes y posibles, sin excluir alguna que pueda también representar un aporte importante. Las mismas deberán corresponder a los objetivos planteados.
- **Actualidad:** Se tomarán en cuenta las recientes investigaciones o estudios para fundamentar la investigación, usando como referencia que el 80 % de los trabajos experimentales consultados se realizaron hace no más de 5 años.

2.1.3. Plataformas digitales, científicas, etc.

- <https://www.virtualpro.co/revista/industria-del-cuero-y-las-curtiembres/7>
- <https://www.virtualpro.co/>
- <https://www.virtualpro.co/>
- <https://search.scielo.org/?lang=es&count=15&from=0&output=site&sort=&format=summary&fb=&page=1&q=curtiembre+>
- <https://www.scopus.com/home.uri>
- <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/idata>
- <http://lederpiel.com/>
- <https://www.ciatec.mx/>
- Scopus
- Google Academico
- Academia edu
- E-libro

2.2. Métodos para sistematización de la información

La metodología que se utilizará será bibliográfica apoyándonos en las bases de datos antes mencionadas y de acuerdo a una investigación basada en:

2.2.1. Aproximación conceptual

Conjunto de técnicas de análisis de las comunicaciones que buscan -mediante procedimientos sistemáticos y objetivos de descripción del contenido de los mensajes- obtener unos indicadores (cuantitativos o no) que permitan la inferencia de los conocimientos relativos a las condiciones de producción/recepción de estos mensajes.

En resumen, el análisis de contenido se puede describir como una técnica que se caracteriza por dar sentido a la información, analizándola e interpretándola. Hace referencia a la posibilidad de que dos o más personas, llevando a cabo el mismo análisis de contenido, es decir, con los mismos criterios y reglas, alcancen idénticos resultados. Por tanto, los criterios y reglas utilizados deben estar definidos con claridad y precisión para que posibiliten la realización del mismo análisis.

CAPITULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Tecnologías limpias para el proceso de curtición de pieles caprinas

Los residuos industriales líquidos (RILES) de curtiembre o entidades donde se realizan ensayos de los distintos procesos húmedos de curtición de pieles, se caracterizan por presentar alta contaminación orgánica y tóxica asociada a sales, sulfuros y cromo, provenientes del proceso, especialmente de pelambre y curtido. Lo cual constituye un gran problema desde el punto de vista ambiental que se ve reflejada muchas veces en la sobrevivencia de las empresas que no cumplen con las exigencias de descargas de sus efluentes, (Artiga, 2005, pág. 26).

Desde un punto de vista ambiental, la empresa que transforma piel en cuero, siempre ha sido mirada como altamente contaminante, sin tener en cuenta que aprovecha un subproducto altamente putrescible y de biodegradación lenta como es la piel de los distintos animales sean terrestres o marinos. En la industria el agua es sin duda uno de los recursos más utilizados en los procesos, tales como calefacción, enfriamiento, elaboración de productos, limpieza y aclarado, procesos químicos como es el curtido de las pieles, entre otras, El tratamiento de agua permite optimizar operaciones de producción, tener un mejor producto si este contiene agua o simplemente mantener en buen estado las tuberías y recipientes que lo contienen. (Bacardit, 2014, pág. 28).

La industria de curtido de pieles tiene altos índices de consumo de agua y respectivamente genera grandes cantidades de aguas residuales con alto contenido de materia orgánica, sólidos, salinidad, grasas y presencia de contaminantes específicos, tales como cromo, sulfuros y amoníaco. La cantidad y las características de las aguas residuales dependen sobre todo de la combinación de operaciones y procesos que utiliza cada una de las categorías de este sector industrial, así como del tipo y los métodos de conservación de las pieles, y de las sustancias químicas utilizadas en las diferentes fases del procesamiento, influye también el orden en que se llevan a cabo las operaciones y en general el control del proceso de producción, (Astromelia, 2000, pág. 21).

El agua residual es aquella que ha sufrido una alteración en sus características físicas, químicas o biológicas por la introducción de contaminantes como residuos sólidos, biológicos, químicos, municipales, industriales, agrícolas etc., afectando así los ecosistemas acuáticos y su entorno, debido a que; cuando se eleva la carga contaminante sobre todo de cuerpos de agua dulce se

produce la contaminación cruzada. Las aguas residuales son aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios agrícolas, pecuarios, domésticos, incluyendo fraccionamientos y en general de cualquier otro uso, que hayan sufrido degradación en su calidad original, (Hidalgo, 2014, pág. 25).

En conclusión, para evitar estos problemas que tanto afectan al ambiente se deberían desarrollar planes de producción más limpia, aplicando las tecnologías limpias disponibles, como el inmunizado de pelo en pelambre y el uso de cromo de alto agotamiento en curtido, así como el uso de productos químicos ecológicos con el fin de disminuir las cargas contaminantes y el consumo de agua, tanto para cuidar el ambiente como para evitar problemas debido a que las legislaciones ambientales son cada vez más estrictas y sus sanciones llegan hasta el cierre de la empresa y su consecuente problema social, (Prat, 2002, pág. 29).

3.2. Evaluación de las resistencias físicas del cuero utilizando tecnologías limpias en el proceso de curtición de las pieles caprinas

3.2.1. Resistencia a la tensión

La determinación de la resistencia a la tensión de los cueros es indispensable debido a que en la curtiembre se deben realizar pruebas para determinar la calidad del material producido, ya que es necesario que cumplan con normas técnicas que impiden problemas en el momento de la confección del artículo final, que tiene incidencia en el aspecto económico de la empresa ya que puede existir devoluciones que muchas veces no pueden solucionarse con reproceso, por lo tanto se pierde todo el material y sobre todo la confianza en la calidad de los cueros de la empresa distribuidora.

Para determinar la resistencia a la tensión se fija una probeta de cuero de forma alargada entre las pinzas de un dinamómetro y se procede seguidamente a separar las pinzas a una velocidad constante mientras la fuerza ejercida sobre la probeta se mide con la célula de carga del instrumento. La tensión aplicada tiene como consecuencia inmediata la deformación de la probeta, la cual se alarga continuamente en la dirección en la que se ejerce la fuerza hasta que se produce su rotura. Existe la costumbre de expresar la resistencia a la tensión como el cociente entre la fuerza de rotura y la sección transversal de la probeta. El resultado se expresa en newton por milímetro cuadrado, (Coloma, 2018, pág. 25).

La resistencia a la tensión es uno de los ensayos más comunes en el estudio del cuero, especialmente en labores de investigación y desarrollo, no obstante, debe tenerse en cuenta que

las fuerzas que actúan sobre los cueros en su empleo normal producen tensiones en diversas direcciones y no solamente en una. Muchas veces estas fuerzas representan una pequeña fracción de aquellas fuerzas que el cuero requiere para producir su rotura. En tales casos las mediciones de la resistencia a la tensión son poco significativas para poder enjuiciar el comportamiento del cuero en el uso. Incluso en el caso de cueros sobre los que se aplica la fuerza en una sola dirección, como en las correas de transmisión, las medidas de resistencia a la tensión pueden ser de menos significación que las medidas de alargamiento a una fuerza determinada, (Hidalgo, 2014, pág. 21), como se indica en la tabla 1-3.

Tabla 1-3: Evaluación de la resistencia a la tensión del cuero utilizando tecnologías limpias en el proceso de curtición de las pieles caprinas.

Producto	Valor de la Resistencia a la tensión N/cm ²	Autor
Cromo recuperado	2642,02	(Sanchez, 2017)
Agua de descarga del remojo – pelambre	1972,11	(Rodriguez, 2017)
Reutilización del baño de cromo	161.64	(Tapia, 2006)

Realizado por: Lema, Silvia 2020

A continuación, se plantean los resultados de resistencia a la tensión de varios autores, con los cuales se pretende demostrar la viabilidad de realizar los procesos de transformación de piel en cuero al utilizar diferentes tecnologías limpias, por lo tanto se utilizaron de referencia los resultados expuestos por (Sanchez, 2017, pág. 62), quien registra que en el análisis de la resistencia a la tensión utilizando cromo recuperado, en el prototipo mecánico del Laboratorio de Curtiembre de Piel de la ESPOCH, los valores medios fueron de 2642,02 N/cm² (Anexo G),

Otro autor en mención fue (Rodriguez, 2017), quien al evaluar la resistencia a la tensión de los cueros no registró diferencias estadísticas ($P > 0,05$), por efecto de la aplicación de agua de descarga del remojo – pelambre, al proceso de curtido ya que las medias fueron de 1972,11 N/cm²

Por su parte en la investigación de (Tapia, 2006, pág. 25), se menciona que al evaluar la reutilización del baño de curtido en el proceso de piquelado de pieles caprinas, no registró diferencias significativas, entre medias sin embargo de carácter numérico registro un mejor comportamiento en los cueros a los cuales se realizó la segunda reutilización del baño, con valores medios de 161.64 N/cm², como se ilustra en el gráfico 1-3.

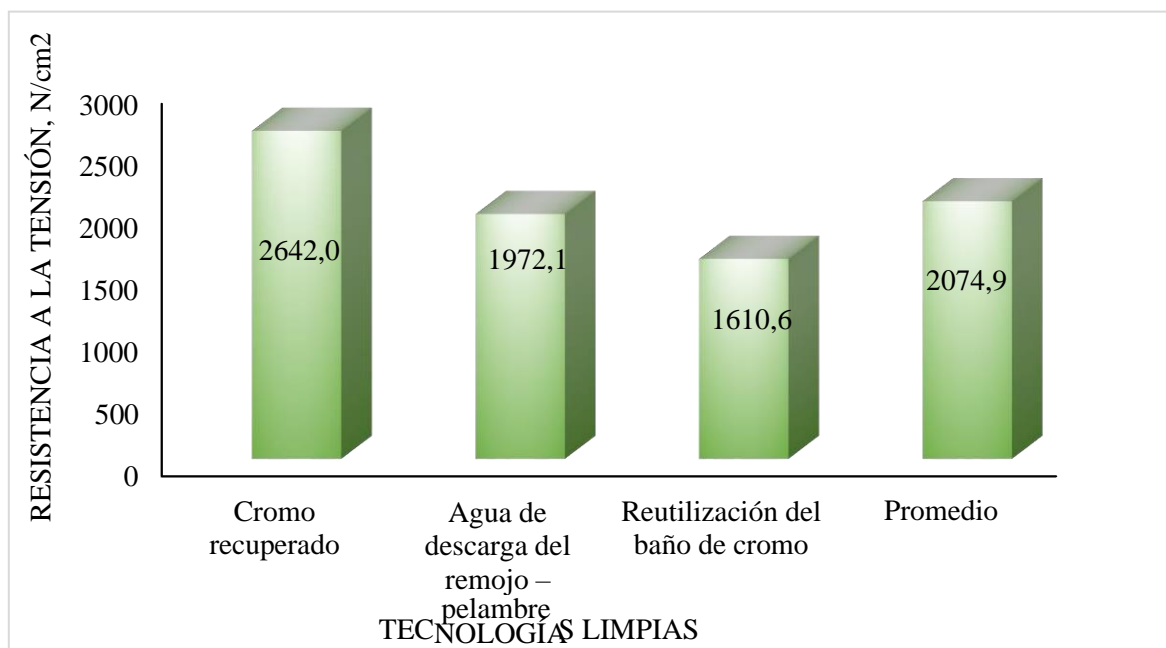


Gráfico 1-3. Evaluación de la resistencia a la tensión del cuero utilizando tecnologías limpias en el proceso de curtición de las pieles caprinas

Realizado por: Lema, Silvia 2020

Una vez analizados los resultados expuestos de la resistencia a la tensión de los cueros de los distintos autores citados se aprecia que al utilizar una tecnología basada en el cromo reutilizado se percibe las mejores respuestas, lo cual demostró la calidad del proceso de recuperación del cromo con la técnica de curtición, esta calidad viene asociada principalmente al estado de curtición, ya que en este proceso se da la transformación de las fibras de colágeno, en un producto imputrescible de alta calidad y sobre todo se evita que el excedente de cromo no sea depositado en los residuos líquidos de la tenería elevando su carga contaminante.

Lo que tiene su fundamento en lo expuesto por (Herfeld, 2004, pág. 56), quien señala que en el cromo recuperado la pureza obtenida es elevada con lo cual se puede mejorar las respuestas a una curtición tradicional, ya que muchas veces las casas comerciales reducen la calidad de las sustancias químicas, ya que mezclan el sulfato de cromo con otras sustancias que alteran su composición final y sus características, mientras que en el proceso de recuperación de cromo se controlan las condiciones que pudieran causar anomalías en la obtención del sulfato de cromo, esto dará como resultado el aumento de la pureza del elemento y además de que se ajustara a las condiciones normales de curtición.

La técnica de recuperación y reciclaje de cromo es una de las prácticas recomendadas en la industria curtidora, y que consiste en recolectar todos los efluentes del proceso de curtido y mezclarlos con óxido de magnesio durante 3-5 horas, la finalidad de esto es precipitar el cromo

en forma de hidróxido, luego se deja sedimentar el toda la noche; el lodo obtenido se mezcla durante 1-2 horas con ácido sulfúrico. La solución de sulfato de cromo recuperada representa el 35% de la solución nueva de cromo que debe añadirse en un nuevo proceso.

Además es necesario tomar en cuenta que las respuestas de la resistencia a la tensión de los cueros cumplen con las exigencias de calidad de la (Asociación Química Española de la Industria del Cuero , 2012, pág. 2), que indica en la norma técnica NTE IUP 8 (2012), que un cuero debe cumplir con un límite de 800 a 1200 N/cm², antes de producirse el primer rompimiento en la fibra, estableciéndose que en las investigaciones comparadas se cumple con esta exigencia de calidad.

3.2.2. Porcentaje de elongación

El alargamiento o elongación es una resistencia física del cuero que se calcula como la diferencia entre la separación final y la separación inicial de la probeta, o muestra de cuero, esta diferencia se expresa como porcentaje de la separación inicial. La elongación puede determinarse a una fuerza dada o a la rotura que sería la elongación máxima, son propiedades que varían mucho según la posición de la toma de muestras y según la dirección. Por ello, es importante en estudios comparativos cortar las probetas de la misma zona y realizar 6 replicados del ensayo, tres en la dirección paralela y tres en la perpendicular con respecto al espinazo.

Con referencia a la determinación del porcentaje de elongación (Cordero, 2011, pág. 26) señala que las determinaciones que más indican el probable comportamiento de la piel en las operaciones de transformación en artículos de consumo y en el uso final son: la resistencia al desgarró, a la tracción, porcentaje de elongación, el alargamiento antes de la rotura de flor y la resistencia a la abrasión, que representan el comportamiento del cuero sobre todo en el momento de la confección del artículo final.

Teniendo en cuenta las definiciones anteriores se puede observar que en la investigación de (Gordillo, 2015, pág. 53), en la evaluación estadística del porcentaje de elongación, no se reportaron diferencia estadísticas entre medias ($P > 0.05$), estableciéndose de carácter numérico los valores más altos con respuestas de 66,83% (Anexo D), como se indica en la tabla 2-3, al aplicar un sistema de aguas recuperadas, al proceso de curtido, por lo cual se puede afirmar que para obtener cueros que requieran mejores respuestas a la prueba física de porcentaje de elongación en la industria curtidora es recomendable modificar los tiempo, pH, y productos utilizados.

Tabla 2-3: Evaluación del porcentaje de elongación del cuero utilizando tecnologías limpias en el proceso de curtición de las pieles caprinas

PRODUCTO	Porcentaje de elongación, %	AUTOR
Aguas recuperadas	66.83	(Gordillo, 2015)
Cromo recuperado	58.75	(Sanchez, 2017)
Reutilización del baño de cromo	49.33	(Tapia, 2006)

Realizado por: Lema, Silvia 2020

Por lo cual se busca una nueva tecnología que no genere tanta carga contaminante al verter las aguas residuales pero que tenga iguales resultados para darle características similares al cuero y que no repercuta en procesos posteriores de curtición por consiguiente es efectivo evaluar varias características del cuero y valorar cómo se pueden mejorar los procesos para llegar a obtener respuestas iguales o incluso mejores para que los industriales acepten la propuesta de un cambio de pelambre que resulte mucho más amigable con el ambiente.

Estos resultados son superiores al ser comparados con los de (Sanchez, 2017, pág. 53), cuyos valores medios reportados del porcentaje de elongación de las pieles curtidas con cromo recuperado, no determinaron diferencias estadísticas ($P > 0.05$), entre medias, observándose que se obtuvieron promedios de 58,75 % (Anexo H).

Una de las principales características que debe cumplir el cuero es el porcentaje de elongación, que permite que el cuero se puede estirar con facilidad, y sobre todo que retorne a su longitud inicial sin producirse deformación o cambios en la estructura, ya que sea cualquier el fin para el que este destinado el cuero tendrá que presentar flexibilidad y así evitar que se rompa, y además es necesario cuidar que no pierda su pietaje original para que no se provoquen arrugas o pierda su firmeza de flor, (Cabrera, 2011, pág. 28) .

Además en la investigación de (Tapia, 2006, pág. 59), quien al realizar un proceso de reutilización en el baño de curtido, determinó que el porcentaje de alargamiento reporto un valor más bajo que el autor antes mencionado puesto que las medias fueron de 49,33 %, como se ilustra en el gráfico 2-3, con diferencias altamente significativas, por lo que concluye que los cueros con baja elongación podrían romper su estructura fibrosa con facilidad, al ejercer sobre ellos una fuerza determinada de estiramiento.

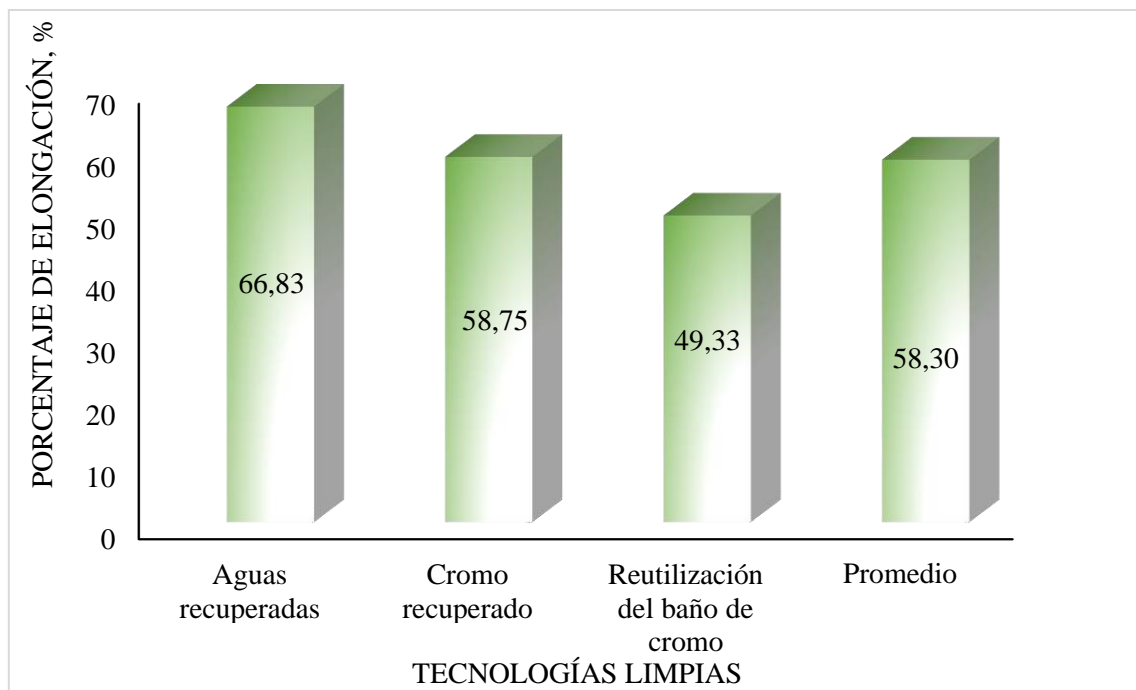


Gráfico 2-3. Evaluación del porcentaje de elongación del cuero utilizando tecnologías limpias en el proceso de curtición de las pieles caprinas

Realizado por: Lema, Silvia 2020

La valoración del porcentaje de elongación de los investigadores comparados determinaron que la tecnología más adecuada para conseguir un mayor alargamiento del cuero fue al utilizar un sistema de recuperación de pelo en el proceso de depilado lo que es corroborado con lo que manifiesta (Reyes, 2009, pág. 25), quien indica que el principal problema que se presenta cuando se aumenta la concentración del cromo, es que se puede producir una sobre-curtición que se da por efecto de la alta astringencia y su alta afinidad con el colágeno; esto ocurre que al mínimo contacto se curta en exceso y ocasione un hinchamiento excesivo lo cual no es recomendable para la prueba física de porcentaje de elongación, ya que existirá un espacio reducido entre las fibras y al generarse la fuerza de estiramiento no se podrán deformar las pieles ocasionando una ruptura y bajos índices de elongación.

Las tecnologías que se han utilizado como referentes para el desarrollo de la presente investigación tienen una finalidad común la cual es preservar las características físicas del cuero que son proporcionadas por el curtiente universal como es el cromo, pero tratando en lo posible de disminuir sus efectos nocivos que tienen su fundamento en la disminución de la carga contaminante de los residuos líquidos industriales que normalmente son depositados sea directamente o indirectamente hacia cuerpos de agua dulce y que son el nicho de especies nativas que por el problema de alta toxicidad muchas veces desaparecen o que los suelos hacia los cuales ingresan los vuelven erosionados perdiendo además la vegetación.

Al comparar los resultados de porcentaje de elongación con los reportes de la (Asociación Química Española de la Industria del Cuero , 2012), que en su norma de calidad NTE IUP8 (2012), valores que se encuentren entre 40 – 80 % para ser considerados de buena calidad se aprecia que en las investigaciones evaluadas se está cumpliendo con esta exigencia siendo mayor al utilizar sistema de recuperación de pelo en el proceso de depilado

3.2.3. Lastometría

La lastometría es una característica que mide el grado de resistencia que presenta el cuero para soportar fricciones repetidas en la flor con cuerpos extraños y que asemeja al momento de la confección cuando se utilizan equipos que por movimiento repetitivos ejercen fuerzas en todas las direcciones de manera que puede desprenderse la película de acabado del cuero e irse fragmentado la fibra del entretejido fibrilar , produciendo el temido envejecimiento prematura que desmejora significativamente la calidad y comercialización del cuero que debe tener altas prestaciones físicas puesto que muchas veces está sometido a condiciones de clima y uso extremas.

De la información que se logró recopilar sobre la aplicación de tecnologías limpias en la empresa de curtición de pieles resulta significativa enunciar los registros de (Sanchez, 2017, pág. 62), quien al realizar las pruebas de lastometría, registro que los valores medios no reportaron diferencias estadísticas por efecto de la aplicación de un proceso de curtido con cromo reutilizado estableciéndose que las medias reportadas fueron de 11,03 mm (Anexo J), como se indica en la tabla 3-3.

Tabla 3-3: Evaluación de la lastometría del cuero utilizando tecnologías limpias en el proceso de curtición de las pieles caprinas

PRODUCTO	Lastometría, mm	AUTOR
Cromo reutilizado	11.78	(Sanchez, 2017)
Reutilización en el baño de curtido	8.32	(Tapia, 2006)
Curtición ecológica	7.45	(Balla, 2011)

Realizado por: Lema, Silvia 2020

Mientras que en la evaluación de (Tapia, 2006, pág. 63), se determinó que la distensión que soporta el cuero en la reutilización en el baño de curtido, presentó diferencias altamente significativas ya que las medias fueron 8.32 mm, como se ilustra en gráfico 3-3, que comparadas con los valores de la norma antes mencionada es superior, por lo tanto los cueros elaborados presentan mayor

resistencia al aflojamiento de las fibras de colágeno ya que el cromo es el producto curtiente que influye directamente sobre esta característica al hacerla más resistente unificando el entrecido fibrilar. Estos valores se consideran muy apreciables en la calidad del cuero.

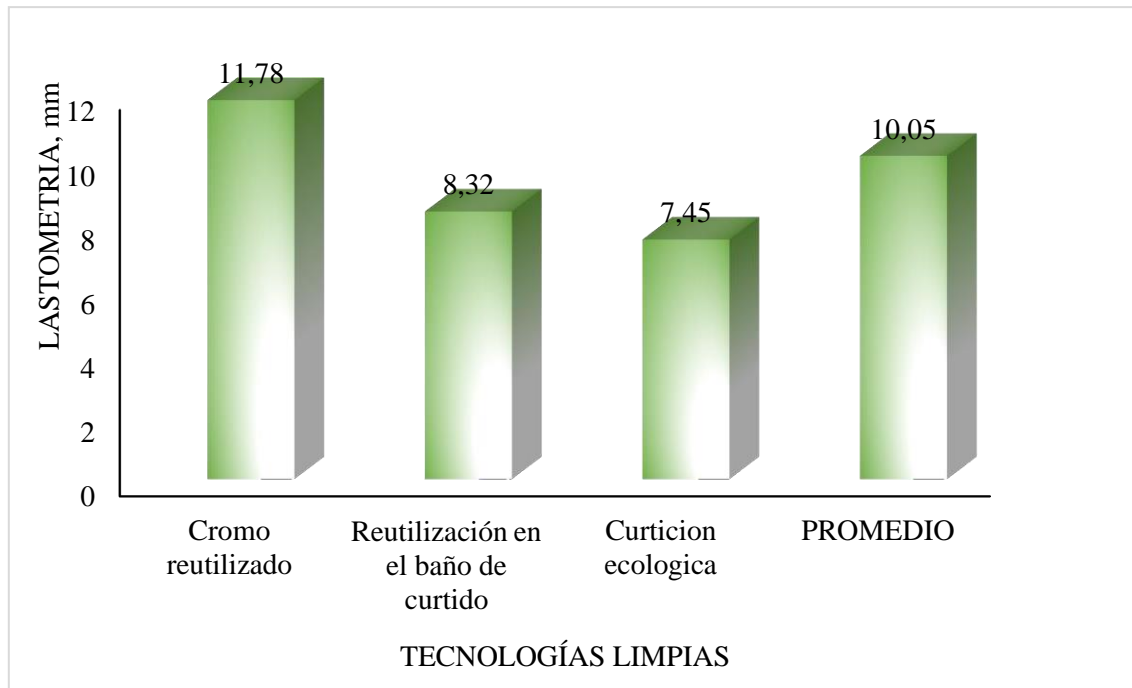


Gráfico 3-3. Evaluación de la lastometría del cuero utilizando tecnologías limpias en el proceso de curtición de las pieles caprinas

Realizado por: Lema, Silvia 2020

Los resultados obtenidos en la investigación realizada por (Sanchez, 2017), presentan la mayor lastometría esto puede deberse a que el cromo tiene la característica de aumentar las resistencias físicas del cuero por lo cual es el curtiente más utilizado en la actualidad, el problema está relacionado al daño ambiental que producen lo cual ocasiona que se busquen alternativas para remplazar al cromo, por lo que recuperar el agente curtiente generará un beneficio al ambiente ya que se producirá un alto agotamiento del curtiente y no existirá la presencia en el agua residual de este elemento lo cual hace una tecnología viable para la curtición

Además (Balla, 2011, pág. 59), al evaluar la comparación del sistema de curtición tradicional versus un sistema de curtición ecológica en pieles caprinas determino que los valores de lastometría en el curtido ecológico fueron de 7.45 mm.

Los resultados expuesto de lastometría de los autores citados son superiores al ser comparados con las exigencias de calidad de la (Asociación Química Española de la Industria del Cuero , 2012),

que en la norma IUP 8 (2002), menciona como exigencia de calidad del cuero debe alcanzar una lastometría mínima de 7.0 mm.

Al respecto (Balseca, 2013, pág. 47), menciona que el objetivo de tecnologías limpias o también conocidas como tecnologías verdes es rediseñar o ajustar de procesos, operaciones y productos del sistema industrial para evitar o reducir al mínimo la producción de residuos. Estas son herramientas tecnológicas que ofrecen ventajas ambientales sobre los métodos tradicionales, y se consideran benéficas por la reducción de costos de energía y mantenimiento. Todo esto en función de procesos de producción más limpios, lo que resulta más atractivo para la industria de curtiembre, con un factor adecuado de eficiencia y rentabilidad.

Además (Hidalgo, 2014, pág. 29), señala que para tratar de optimizar el manejo de residuos de una manera práctica, se debe disminuir la carga contaminante en cualquier etapa del proceso de curtido, lo primero es mitigar en la fuente y adoptar sistemas, más eficientes y segundo, implantar procesos racionales de reutilización de los baños residuales. La técnica de reúso de los baños aplicada a las pieles disminuye la concentración de sulfuro y no afecta las propiedades finales de la piel logrando un ahorro en el consumo químico del sulfuro de sodio y cal hidratada.

3.3. Evaluación de las características sensoriales del cuero utilizando tecnologías limpias en el proceso de curtición de las pieles caprinas

3.3.1 Llenura

La llenura es la característica sensorial que fue determinada por un juez capacitado, que basado en su experiencia y el adiestramiento de sus sentidos, puede determinar la capacidad de introducirse los diferentes productos en el entretejido fibrilar para darle cuerpo al cuero, es necesario que el llenado del cuero sea acorde a la confección del artículo final siendo mayor en cueros para calzado y menor para vestimenta, sin embargo esta cualidad sensorial no determina la cantidad de productos ingresados sino la adecuada posición en que estos se ubican en el entretejido fibrilar. Puesto que un cuero demasiado lleno se presentará duro sin arqueado y acartonado y al contrario si este poco lleno será muy suave, fofo, y demasiado caído.

De la comparación de diversas investigaciones se desprenden los siguientes resultados: En la evaluación de llenura realizada por (Rodríguez, 2017, pág. 69), se menciona que los valores reportados por la llenura de los cueros registraron diferencias estadísticas por efecto de la inclusión de a la fórmula del curtido con agua reutilizada de cromo, estableciéndose las respuestas más altas con 4,63 puntos y calificación excelente, como se indica en la tabla 4-3.

Tabla 4-3: Evaluación de la llenura del cuero utilizando tecnologías limpias en el proceso de curtición de las pieles caprinas

PRODUCTO	Llenura, puntos	AUTOR
Agua reutilizada de cromo	4,63	(Rodriguez, 2017)
Método ecológico	3,67	(Balla, 2011)
Reutilización de cromo	3,50	(Sanchez, 2017)
Reutilización del baño de curtido	3,35	(Tapia, 2006)

Realizado por: Lema, Silvia 2020

Además (Balla, 2011, pág. 62), menciona que los valores medios de llenura de los cueros caprinos no presentaron diferencias estadísticas según la prueba de Kruskal y Wallis, ($P < 0.32$), por efecto del sistema de curtición empleado, observándose la mejor opción cuando se trabajó con el método ecológico de curtido en el que se recupera el cromo, se reportaron calificaciones de 3,67 puntos y calificación muy buena como se ilustra en el gráfico 4-3.

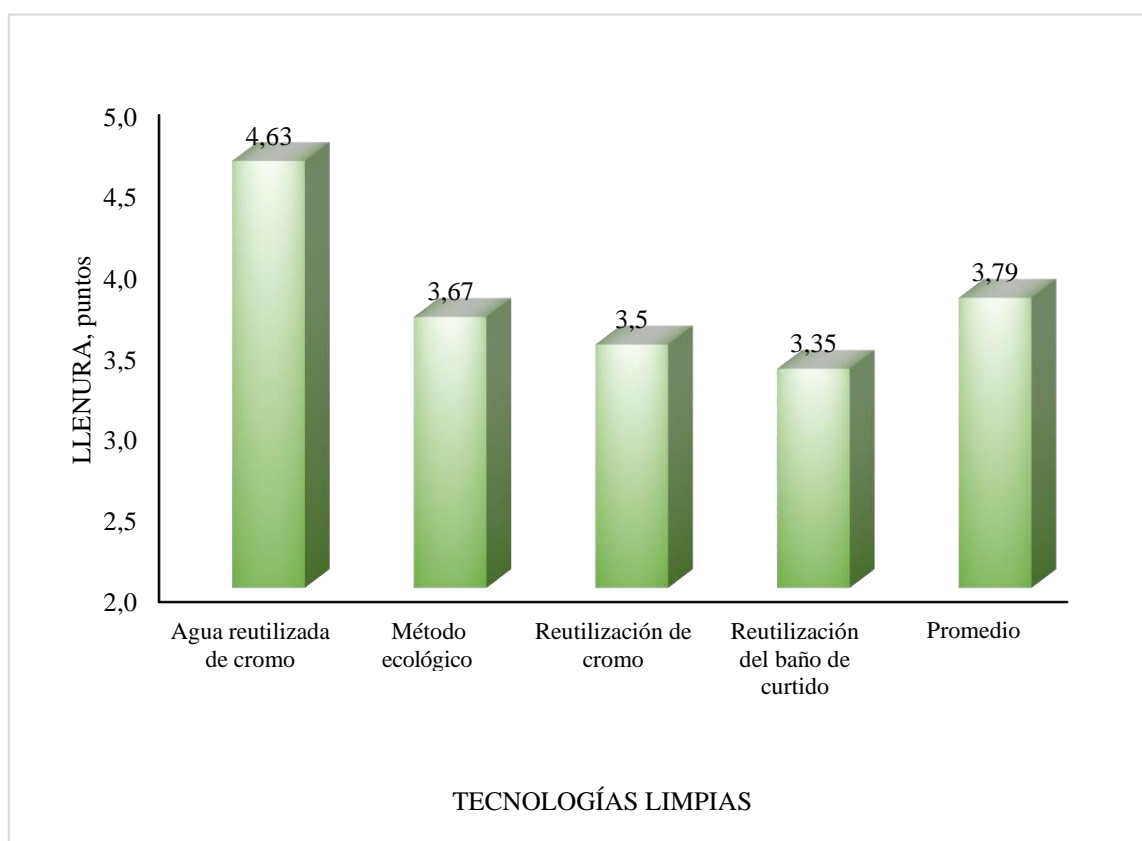


Gráfico 4-3. Evaluación de la llenura del cuero utilizando tecnologías limpias en el proceso de curtición de las pieles caprinas

Realizado por: Lema, Silvia 2020

Mientras que la evaluación estadística de la llenura de las pieles determinada por (Sanchez, 2017, pág. 68), no reportó diferencias significativas, al utilizar el método de recirculación cromo y estableció un valor promedio de 3,50 puntos y calificación buena, como se indica en la tabla 5-3. Es decir que al utilizar la recirculación de cromo se consigue la introducción de la molécula del curtiente en el entretejido fibrilar para que no se presenten espacios vacíos que puedan ocasionar cueros con efecto traposo ya que el efecto curtiente del cromo reutilizado presenta el mismo poder curtiente pero con la ventaja que es menos contaminante

Finalmente entre los autores comparados se aprecia que los resultados más bajos fueron los reportados por (Tapia, 2006, pág. 67), quien registró una calificación de llenura de 3.35 puntos y calificación baja al realizar la reutilización del baño de curtido, como se indica en la tabla 5-3.

Los resultados expuestos indican que las tecnologías limpias influyen positivamente sobre la calidad sensorial del cuero específicamente sobre la llenura lo que tiene su fundamento en lo expuesto por (Vera, 2002, pág. 1). Quien indica que el objetivo de utilizar el cromo reutilizado es la prevención de la formación de cromo hexavalente por la mejora de los procesos de tenería-

La industria del curtido de pieles ha sido siempre considerada como una actividad sucia y contaminante, principalmente por los vertidos de aguas que conlleva y que, históricamente, han acabado en los cauces de los ríos. Por el contrario, en los últimos diez o veinte años, la aplicación de tecnologías limpias y sistemas de recuperación y reciclaje de subproductos está cambiando tanto la imagen como la realidad.

Además, (Artigas M. , 2007, pág. 87), manifiesta que una de las opciones de proceso más limpias recomendadas es que el cromo que se emite con el efluente, se puede recuperar para su reutilización asegurando no solamente la economía del uso del cromo, sino también una disminución del impacto ambiental de esta sustancia tóxica, sin deteriorar sobre todo la calidad sensorial del cuero. El agente curtiente se fija en las fibras de colágeno, estabilizándolas a través de uniones cruzadas, es decir uniones químicas entre fibras. Dependiendo del tipo y cantidad de curtiente añadido a las pieles, se produce diferentes tipos de cueros.

El agente de curtido más usado es el sulfato básico de cromo trivalente, cuyo contenido equivalente de cromo (Cr_2O_3) es del 25 al 36 %, que fue un referente para determinar la cantidad de cromo reutilizado, con la finalidad de proporcionar la llenura ideal del cuero, para facilitar su comercialización y confección.

Tabla 5-3: Evaluación de la blandura del cuero utilizando tecnologías limpias en el proceso de curtición de las pieles caprinas

PRODUCTO	Blandura	AUTOR
Reutilización del baño de curtido	5,00	(Tapia, 2006)
Cromo reutilizado	4,75	(Sanchez, 2017)
Aguas recuperadas	4.00	(Gordillo, 2015)
Curtición ecológica	4.21	(Balla, 2011)

Realizado por: Lema, Silvia 2020

3.3.2. *Blandura*

La blandura de los cueros es una característica sensorial muy difícil de conseguir ya que depende de muchos factores especialmente de los productos químicos empleados o la calidad de la materia prima por lo que es sumamente necesario tomar muy en cuenta lo que señala (Hidalgo, 2014, pág. 42), donde se indica que luego de la operación de remojo, las pieles suficientemente hidratadas, limpias, con algunas proteínas eliminadas de su estructura, pasan a las operaciones de pelado, donde fundamentalmente se pretende, por un lado eliminar del corium, la epidermis junto con el pelo o la lana, y por otro aflojar las fibras de colágeno con el fin de prepararlas apropiadamente para los procesos de curtido. En general, la concentración de los productos químicos involucrados, así como el tiempo y tipo de proceso serán determinantes del tipo de curtido, y particularmente de la blandura y resistencia físico-mecánica de los artículos finales.

La blandura es una característica que determina el grado de suavidad y caída del cuero, por lo que al realizar la evaluación descriptiva realizada por (Sanchez, 2017, pág. 62), determinó una media de 4,75 puntos al curtir con cromo reutilizado (Anexo K), como se indica en la tabla 6-3. En comparación de los resultados obtenidos por (Gordillo, 2015), quien observa que no existieron diferencias estadísticas, reportándose una media de 4,0 puntos (Anexo F) con una blandura muy buena, ya que se le compara con 5 puntos que es la ideal según la escala propuesta por Hidalgo, L. (2015).

La escala de calificación de Hidalgo, L.(2015), establece una puntuación de muy buena para los cueros cuya suavidad y caída son adecuadas para la elaboración especialmente de artículos de fina confección, facilitando el trabo de manufactura tanto al artesano especialmente en los cocidos y piezas sobrepuestas, así como también al usuario que muchas veces los usa por tiempos

prolongados y en condiciones climáticas adversas o en contacto directo con la piel, produciendo comodidad, y que se traduce en una elevación en la clasificación del cuero.

De acuerdo con (Tapia, 2006, pág. 69), los resultados obtenidos de la evaluación de blandura por efecto de reutilizar el baño de curtido de cromo, reportaron valores medios de 5.00 puntos, con diferencias significativas, y condición excelente, esto quiere decir que la cantidad de cromo presente en el mismo actúa como un enmascarante que permite que este mineral penetre en mayor cantidad al interior de la piel lo que da como resultado una mayor blandura y suavidad.

Además se considera citar los resultados expuestos por (Balla, 2011, pág. 62), quien reporta que en el análisis de la blandura de los cueros caprinos, se establece diferencias altamente significativas de acuerdo a la prueba de Kruskal – Wallis ($P < 0,01$), puesto que los resultados fueron de 4.21 puntos y calificación muy buena como se ilustra en el gráfico 5-3, lo que permite apreciar que la utilización del curtido ecológico proporciona una piel curtida de mejor calidad ya que la suavidad y la caída que tiene el cuero es evidentemente.

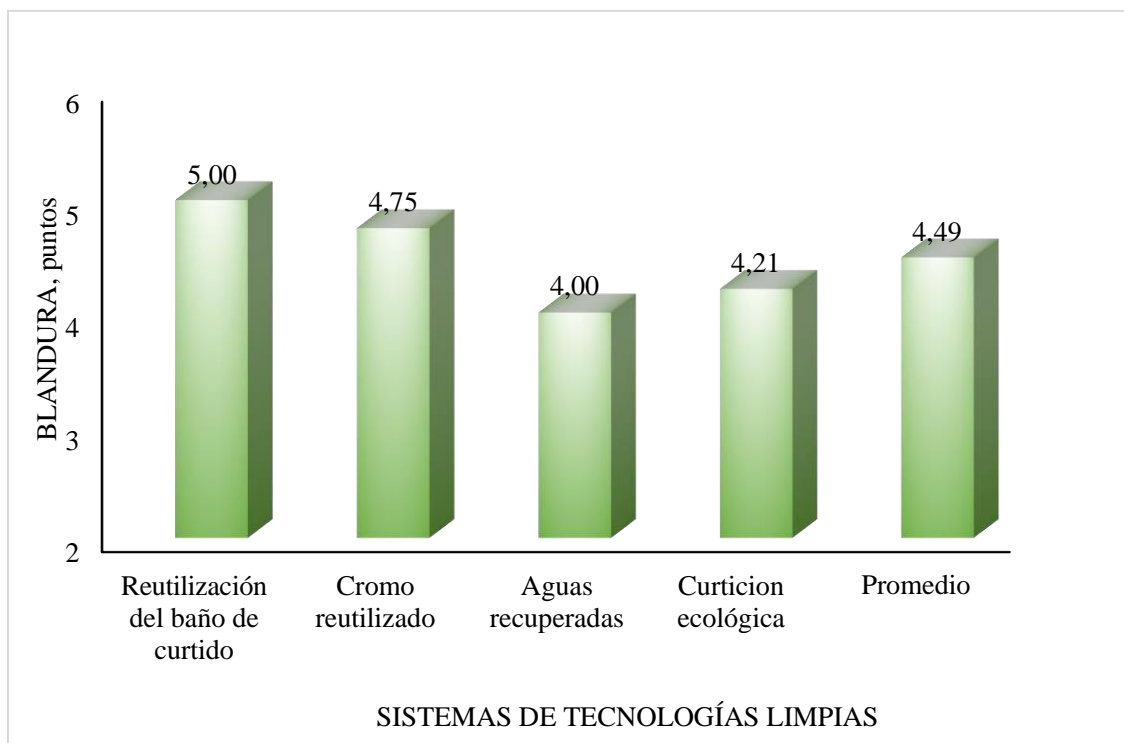


Gráfico 5-3. Evaluación de la blandura del cuero utilizando tecnologías limpias en el proceso de curtición de las pieles caprinas

Realizado por: Lema, Silvia 2020

Del análisis sensorial descrito se aprecia que la calidad del cuero en lo que tiene que ver con la blandura no sufre cambios significativos, lo que se corroborado con lo que menciona (Hidalgo, 2014, pág. 35), quien manifiesta que el sector de curtidos si no existiera habría que inventarlo, ya

que recoge parte de los subproductos generados como consecuencia del sacrificio de animales cuyo objeto es suministro para la industria de alimentación. La industria de curtidos elimina un problema a la sociedad y a su vez genera una gran riqueza a la misma.

Además (Soler, 2005, pág. 26), manifiesta que una curtiembre por un lado, da utilidad a un subproducto de la industria cárnica que de otra forma debería incinerarse en vertederos, y por otro, crea una riqueza económica con la cadena de valor que inicia y fundamentalmente con la cantidad de puestos de trabajo que genera. Por otro lado, la sustitución del cuero por materiales de origen sintético significaría retroceder en la cultura de la sustentabilidad.

El cuero es un recurso renovable, en contraste con los materiales y fibras de origen petroquímico que se postulan como alternativas, pero siempre manteniendo la idea de un cuero realizado con un proceso ecológico es decir aquella materia prima que en su elaboración se utilice un alto agotamiento del baño de curtido, reutilización de los lodos de curtiembre, métodos ecológicos, entre otros, que se consideran tecnologías limpias puesto que evitan que los productos que no han ingresado a la piel sean eliminados al alcantarillado y se provoque contaminación cruzada puesto que estas aguas muchas veces van a desembocar en cuerpos de agua dulce que sirven de fuente de agua para beber animales o para sembrar y por lo tanto esos productos ya están contaminados, (Artiga, 2005, pág. 26).

3.4. Caracterización de las aguas residuales del proceso de curtición de las pieles caprinas utilizando tecnologías limpias

3.4.1. Evaluación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno en las aguas residuales del proceso de curtición de las pieles caprinas utilizando tecnologías limpias

El agua residual proveniente de procesos de curtiembre contiene gran concentración de contaminantes altamente peligrosos ya que la totalidad de los químicos utilizados para curtir no son aprovechados al cien por ciento y un remante de ellos se descarga conjuntamente con el agua de proceso, siendo así desechados al sistema de alcantarillado o cuerpos hídricos cercanos a las plantas de producción, por ello ha sido necesario la caracterización inicial del vertido generado en el proceso para determinar exactamente los valores de concentración de contaminantes a tratar, (Artiga, 2005, pág. 36).

Razón por la cual se pueden mencionar los resultados de (Sánchez, 2019, pág. 66), quien al realizar la caracterización inicial del agua de la etapa de curtido observo altos niveles de concentración de contaminantes que exceden, en alto rango, los valores máximos permitidos por la legislación

ambiental vigente, siendo los valores de 310,00 mg/L. como se indica en la tabla 6-3, cuando el limite permisible es de 250,00 mg/L. Sin embargo, logró obtener un porcentaje de remoción del 98% de DBO, considerando estos resultados como positivos ya que tanto los DBO, DBQ, SST, Cromo Hexavalente y Sulfuros representan un riesgo para el medioambiente.

Tabla 6-3: Evaluación de la demanda bioquímica de oxígeno en las aguas residuales del proceso de curtición de las pieles caprinas utilizando tecnologías limpias

Sistema de curtición ecológica	DBO	Remoción	Autor
Tratamiento de aguas residuales	310,00 mg/L	98 %	(Sánchez, 2019, pág. 66)
Pruebas de trazabilidad del baño de curtido	17,400 mg/L	97.52	(López, 2019, pág. 25)
Remoción de lodos del cromo	840 mg/L		(Armas, 2012, pág. 62)
Limite permisible	250 mg/L		TLSMA (2012)

Realizado por: Lema, Silvia 2020

Los resultados durante esta etapa lograron determinar el rediseño óptimo que se necesita para disminuir la concentración de contaminantes que se producen en la curtiembre. Este proceso se realizó de dos formas, una consistía en la adición de un sistema de aireación que debía cumplir con dos funciones específicas, oxigenar el agua residual y contribuir al proceso de agitación del sistema para que exista una mejor mezcla entre el producto químico y el agua residual.

Seguidamente se aprecia que (López, 2019, pág. 25), quien al realizar las pruebas de trazabilidad para determinar la cantidad de contaminantes existentes en el agua de curtido, obtiene parámetros de Demanda Bioquímica de Oxígeno de 17,400 mg/L, como se indica en la tabla 6-3. Observando que esta demanda no cumple con las necesidades requeridas, por lo tanto al tratar el agua a nivel de laboratorio con el objetivo de reducir su carga contaminante, alcanza una porcentaje de remoción de DBO del 97.52% como se ilustra en el gráfico 6-3, cumpliendo este valor con los límites máximos permisibles definidos en la normativa ambiental.

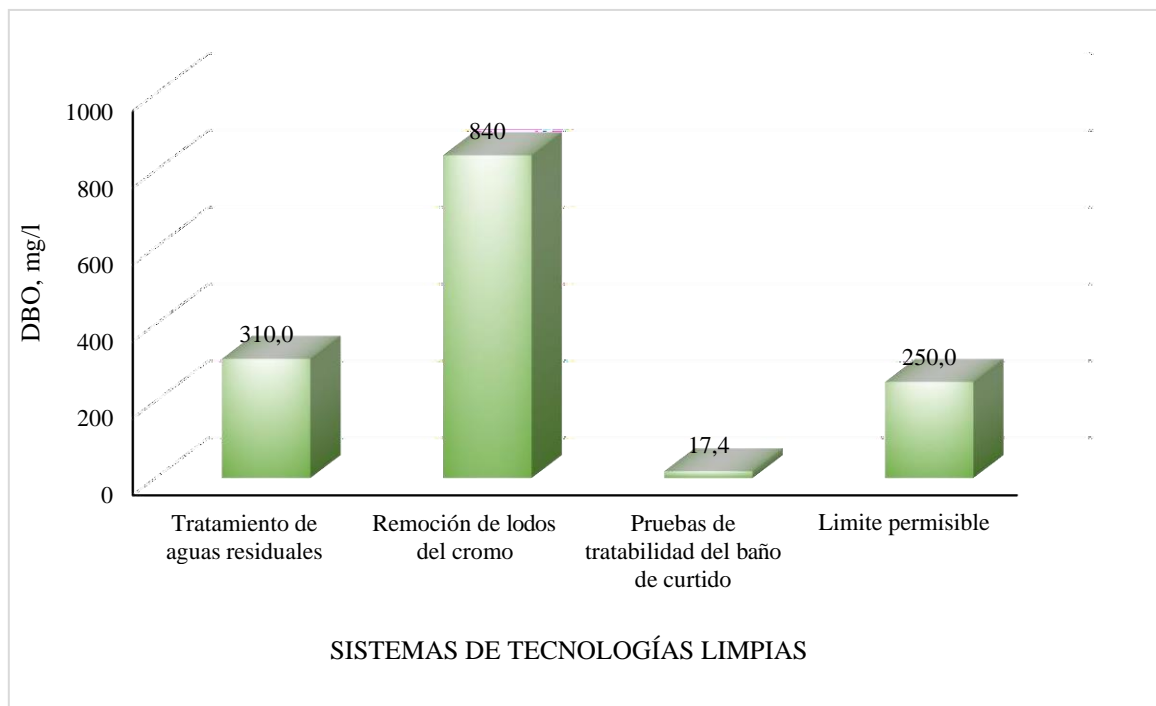


Gráfico 6-3. Evaluación de la demanda bioquímica de oxígeno en las aguas residuales del proceso de curtición de las pieles caprinas utilizando tecnologías limpias

Realizado por: Lema, Silvia 2020

Lo que puede ser corroborado según (Bacardit, 2014, pág. 25), quien señala que la contaminación de las aguas residuales de las curtidurías es un problema global ya que el 80% de ellas usan procedimiento a base de cromo, y el 20% restante recurre a taninos vegetales: Estos procesos constituyen un problema para el medio ambiente a pesar de que la industria curtiembre representa una actividad económica muy importante, los residuos de curtido sin tratar en las aguas superficiales pueden producir un rápido deterioro de sus propiedades físicas, químicas y biológicas.

Asimismo, (Armas, 2012, pág. 62), en la evaluación del sistema de tratamiento de las aguas residuales de los ensayos realizados antes y después del tratamiento se puede indicar que como resultado del tratamiento del agua se residual se obtuvo una remoción del DBO del 95%, dado que en el tratamiento inicial se presentaba una carga contaminante de 840 mg/L en lo que tiene que ver con el DBO, es decir, que se logró obtener los resultados buscados de los parámetros característicos del agua que se precisaban disminuir, con lo que se posee obtener beneficios ambientales y evitar así la generación de residuos implementando medidas de producción más limpias.

Finalmente, de acuerdo con (Gordillo, 2015, pág. 62), los resultados obtenidos de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), de las aguas residuales donde se aplicaron dos sistemas de

apelambrado el uno fue el tradicional y el segundo el proceso modificado; establecen que las respuestas de las aguas residuales promedio en el primer tratamiento fue de 18055,0 mg/l O₂, y que descendieron a 12685,0 mg/l O₂ (Anexo A), lo cual presenta una disminución considerable en cuanto a su valor numérico, y que es un indicativo que las aguas que se obtuvieron en el tratamiento modificado tienen un menor efecto contaminante sobre las vertientes.

Es necesario considerar de acuerdo con lo expuesto por (Pérez, 2014, pág. 51), quien menciona que la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), determina el poder contaminante del agua, mide la cantidad de oxígeno que se necesita para lograr desdoblar la materia orgánica por medio de las bacterias anaerobias y aerobias facultativas y mientras el agua residual presenta mayor contenido de materia orgánica se requerirá mayor contenido de bacterias para lograr el desdoblamiento de las sustancias.

Además al desdoblar las sustancias se tendrá un mayor número de materia inorgánica en el residuo del agua la cual aparecerá como sólidos totales disueltos, lo que aumentó la contaminación por cualquier tipo de sustancias que se esté aplicando al libre flujo del agua en las vertientes; una de estas sustancias son las fibras de pelo, que en su gran mayoría están compuestas por materia orgánica ya que el principal constituyente de estas son proteínas en donde existe enlaces peptídicos y compuestos orgánicos que al ser arrojados al agua no logran disolverse en su totalidad, ya que el agua y las proteínas son sustancia apolares, por lo tanto se repelen sin logra una buena disolución y se quedan suspendidos como coloides, esto ocasiona que al poner en contacto la piel con el agua se necesitó al ser vertida una gran cantidad de microorganismos para lograr desdoblarlas por lo que se va a producir una contaminación muy notable del agua; pero al lograr recuperar el pelo en este procesos se elimina un gran agente contaminante.

En los tiempos actuales se busca mediante estudios que el impacto de una curtiembre disminuya utilizando tecnologías más limpias que las ocupadas tradicionalmente con lo cual esta práctica de recuperación de pelo puede ser una tecnología ocupada a futuro para lograr bajar los índices de contaminación del agua en cuanto a demanda bioquímica de oxígeno se refiere.

3.4.2. Evaluación de la Demanda Química de Oxígeno en las aguas residuales del proceso de curtición de las pieles caprinas utilizando tecnologías limpias

La Demanda Química de Oxígeno (DQO) es un parámetro que mide la cantidad de sustancias susceptibles de ser oxidadas por medios químicos que hay disueltas o en suspensión en una muestra líquida. Se utiliza para medir el grado de contaminación y se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro (mgO₂/L).

Las investigaciones que se han evaluado se basan en estudios del agua residual proveniente de procesos que tiene como objetivo realizar un manejo de los residuos industriales ambientales provenientes del proceso de transformación de piel en cuero y que pretenden disminuir los índices altos de contaminación, es así que se menciona a (López, 2019, pág. 52), quien manifiesta que la Demanda Química de oxígeno alcanzo un valor de 32300 mg/L, antes de realizar el tratamiento observando que estas respuestas superan el valor permitido que es de 500 mg/L como se indica en la tabla 7-3, es decir, la planta de tratamiento de agua residual de curtido no cumple con las necesidades requeridas por lo tanto se debe a realizar el rediseño enfocándose en la reducción de los parámetros fuera de norma. Una vez que se determinada la reducción de los parámetros fuera de norma se aprecia el porcentaje de remoción el cual fue de 98.94 %.

Además, considera que la implementación de este sistema supone una alternativa económica viable en el ahorro del agua, la misma que se puede reutilizar en los procesos industriales, y de este modo se evita el gasto permanente del recurso hídrico agua, y en caso de que se desee liberar el agua tratada, esta retornara al ambiente purificada y libre de contaminación. La producción de agua limpia es una alternativa tecnológica muy importante y a la vez es una tendencia global de la cultura de conservación para la renovación del medio ambiente.

De acuerdo a estos resultados se puede apreciar que la muestra de trazabilidad presenta una remoción de contaminación efectiva, siendo considerada óptima en el proceso de depuración de las aguas residuales, arrojando resultados satisfactorios que determinan la calidad del agua previa a su descarga. Por su parte, (Armas, 2012, pág. 52), en el parámetro de DQO, antes del tratamiento presentaba un valor de 1101 mgO₂/l, como se ilustra en el gráfico 7-3, pudiendo indicar que como resultado del tratamiento del agua residual provenientes del proceso de curtido se obtuvo una remoción del 91%.

Tabla 7-3: Evaluación de la demanda química de oxígeno en las aguas residuales del proceso de curtición de las pieles caprinas utilizando tecnologías limpias

Sistema de curtición ecológica	DQO	Autor
Rediseño de la planta de tratamiento de agua residuales	32300 mg/L	(López, 2019, pág. 52)
Remoción de lodos de curtiembre	1101 mgO ₂ /l	(Armas, 2012)
Pelambre Modificado	956.79 mg/l	(Gordillo, 2015)
Tratamiento de aguas residuales	862 mgO ₂ /l	(Freire, 2012, pág. 25)

Realizado por: Lema, Silvia 2020

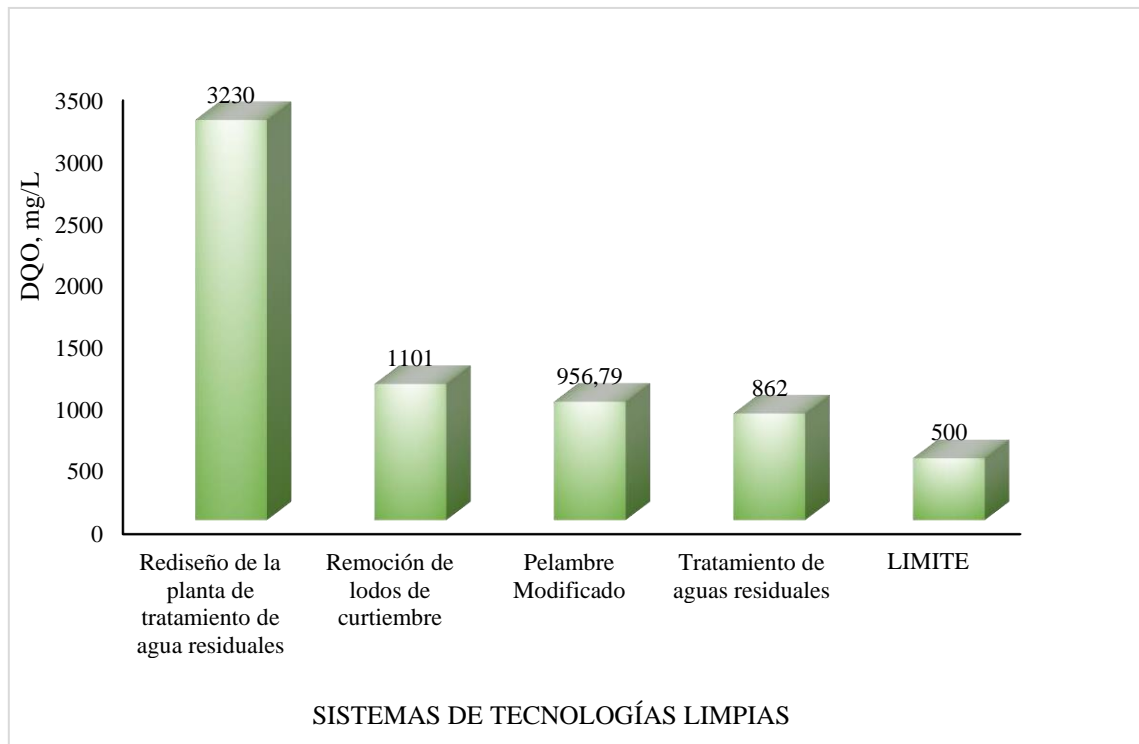


Gráfico 7-3. Evaluación de la Demanda Química de Oxígeno en las aguas residuales del proceso de curtición de las pieles caprinas utilizando tecnologías limpias.

Realizado por: Lema, Silvia 2020

Al respecto (Méndez, 2011, pág. 51) , menciona que la Demanda Química de Oxígeno (DQO), de las aguas residuales mide la cantidad de oxígeno que se necesitó para lograr desdoblar la materia orgánica y transformarla en sustancias que sean asimilables para el ambiente, es uno de los índices que más se toma en cuenta para determinar el grado de contaminación que tiene el agua, ya que una mínima variación en los índices normales de la medición de DQO afecta el nicho ecológico de las especies que se desarrollan en donde se toma la muestra de agua residual.

El oxígeno que esta deficiente en el agua por el aumento considerable de contaminación, es tomado del ambiente del suelo, o de otros compuestos que tengan presencia de oxígeno para lograr transformar las sustancias y con lo cual lo encarecen en el ambiente, provocando que los animales y las plantas que lo necesitan para sus diversos procesos biológicos se sientan carentes de este y tengan deficiencias es decir que afecta el libre desarrollo de las especies naturales y crea una deficiencia que es considera como contaminación ya que perturba el libre desenvolvimiento del hábitat natural por agentes extraños depositados en el agua entre ellos productos químicos, residuos de cueros, sólidos sin disolver entre otros.

3.4.3. Contenido de sólidos totales

Los sólidos disueltos totales es la medida de la cantidad total de materias disueltas en el agua, por ejemplo, calcio, magnesio, cloro, sulfatos, etc. y su resultado es expresado en expresa en mg/L. Para determinar los valores de sólidos totales se toma una muestra bien mezclada se evapora en un plato pesado y se seca a peso constante en un horno a 103 a 105 ° C. El aumento de peso sobre el del plato vacío representa los sólidos totales. Unidades mg/l. con equipo denominado Gravimétrico.

Al comprar diversas investigaciones que analizan las aguas residuales provenientes de procesos que aplican tecnologías limpias de diferentes curtiembres fue necesario citar los trabajos de (López, 2019, pág. 63), quien al evaluar la remoción de lodos del proceso de curtido de la Curtiduría Cristo del Consuelo de la ciudad de la ciudad de Ambato alcanzo un porcentaje de 87.21% en el agua tratada en el proceso de curtido, y además se aprecia que las aguas residuales registraron una media de sólidos totales 100.72 mg/l, como se indica en la tabla 8-3.

Tabla 8-3: Evaluación del contenido de sólidos totales en las aguas residuales del proceso de curtición de las pieles caprinas utilizando tecnologías limpias

Sistema de curtición ecológica	S. T	Autor
Remoción de lodos	100.72 mg/l.	(López, 2019, pág. 63),
Reutilización de cromo	360 mg/l,	(Armas, 2012, pág. 61)
Niveles permisibles	1600 mg/l	TULSMA 2012

Realizado por: Lema, Silvia 2020

Mientras que para (Armas, 2012, pág. 61) según el análisis para establecer la factibilidad de la implementación del sistema de tratamiento de las aguas residuales antes y después del tratamiento obtuvo una remoción de sólidos totales de 91%, ya que el límite permisible fue de 1600,00 mg/l, los resultados obtenidos antes del tratamiento fueron de 4200,00 mg/l y una vez aplicado el tratamiento el resultado de ST fue de 360,00 mg/l, como se ilustra en el gráfico 8-3, obteniendo de esta manera un agua que cumple con los estándares de calidad exigidos.

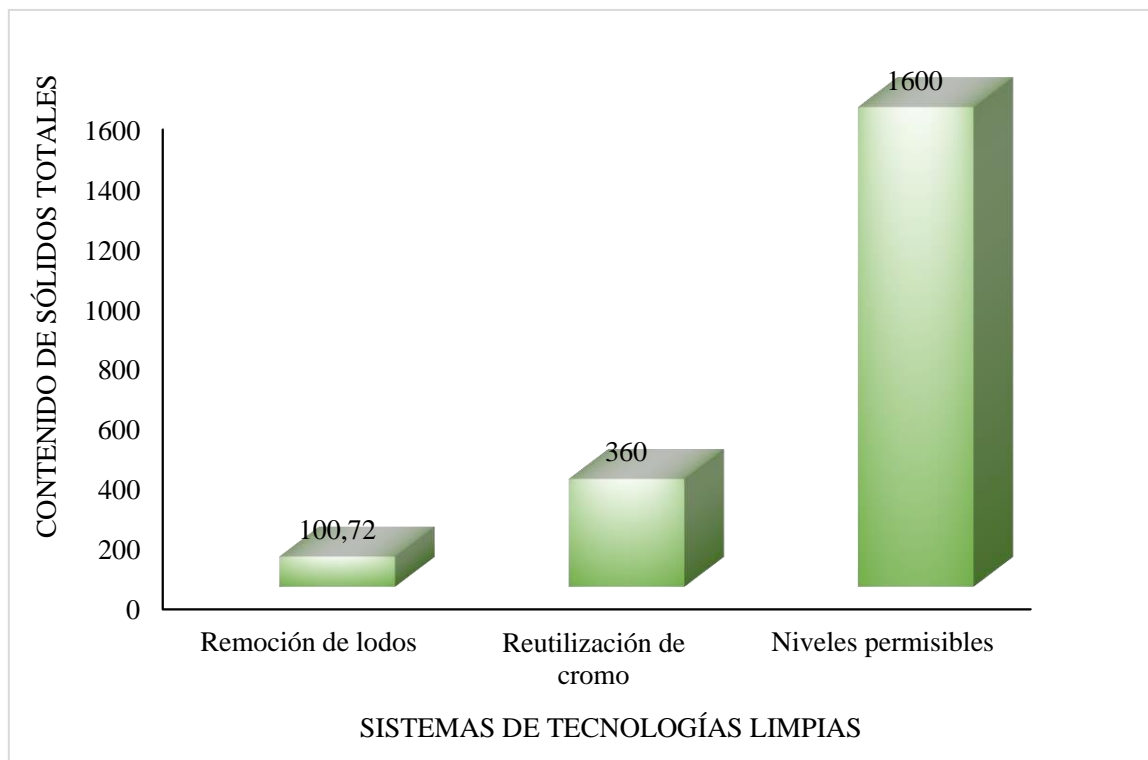


Gráfico 8-3. Evaluación del contenido de sólidos totales en las aguas residuales del proceso de curtición de las pieles caprinas utilizando tecnologías limpias

Realizado por: Lema, Silvia 2020

3.5. Evaluación Económica

Con respecto a la evaluación económica en la investigación de (Sanchez, 2017, pág. 59), se registra un egreso total de \$1935, en tanto que los ingresos totales fueron de \$ 2455, lo que nos permite determinar que el beneficio/costo fue de 1.26; o lo que es lo mismo decir, que por cada dólar invertido se espera obtener una ganancia de 26 centavos (26%), como se indica en la tabla 9-3, y lo hace una vía rentable para que el productor pueda invertir y generar ganancias.

Mientras tanto que para (Tapia, 2006), en el análisis de la evaluación económica de los costos de producción del cuero al cual se realizó diferentes reutilizaciones del baño de curtido, como se indica en la tabla 9-3, los egresos fueron de 59,01, con un total de ingresos de 71,060, estableciendo una relación beneficio/costo de 1,20., lo que representa un 20% de utilidad, considerando este margen de rentabilidad interesante ya que si se considera el tiempo de producción es corto y se reducen los costos, sin desmejorar las características tanto físicas como organolépticas.

Tabla 9-3: Evaluación económica del cuero utilizando tecnologías limpias en el proceso de curtición de pieles caprinas

CONCEPTO	Tecnologías Limpias
	Cromo reutilizado
TOTAL DE EGRESOS (\$)	1935
TOTAL DE INGRESOS	2455
RELACIÓN BENEFICIO COSTO	1,26
(Sanchez, 2017)	
CONCEPTO	Tecnologías Limpias
	Reutilización del baño de curtido
TOTAL DE EGRESOS (\$)	59,01
TOTAL DE INGRESOS	71,060
RELACIÓN BENEFICIO COSTO	1,20
(Tapia, 2006)	
CONCEPTO	Tecnologías Limpias
	Aguas recuperadas
TOTAL DE EGRESOS (\$)	123,96
TOTAL DE INGRESOS	133, 26
RELACIÓN BENEFICIO COSTO	1,24
(Gordillo, 2015)	

Realizado por: Lema, Silvia 2020

Por último, (Gordillo, 2015), al realizar la evaluación económica de la producción de cuero utilizando dos métodos de reutilización (tradicional vs modificado); se aprecia que los egresos totales provenientes de la compra de pieles, productos químicos para cada uno de los procesos, alquiler de maquinaria y confección de artículos finales las respuestas fueron de \$ 123,96. Además se realizó la venta del excedente de cuero y de los artículos confeccionados determinándose como ingresos cuyas respuestas fueron de 133, 26 dólares.

Una vez obtenidos los ingresos y los egresos se procedió a la determinación de la rentabilidad, reportándose los mejores resultados fueron de 1,24 es decir que por cada dólar invertido se espera una rentabilidad del 24% .Las ganancias reportadas resultan alentadoras ya que superar los márgenes determinados por otras actividades similares, y sobre todo la recuperación del capital es más rápida ya que se habla de procesos que no duran más de 4 meses, pero el mayor beneficio es el aspecto ambiental.

CONCLUSIONES

- El sector de las curtiembres, requiere de la implementación de tecnologías limpias en el proceso de transformación de piel a cuero, para evitar los problemas ambientales que se generan sobre todo en la emisión de los desechos líquidos a cuerpos de agua dulce, que en algunos casos ha sido objeto del cierre de las puertas con el consecuente problema social, determinando a través de esta investigación que el cromo recuperado, la reutilización del agua del proceso de curtido, al igual que del pelambre y piquelado, son las alternativas que mejores resultados generan en el curtido de pieles tanto en características como en costos.
- En la evaluación de las resistencias físicas se aprecia que al comparar diversos sistemas de curtición que utilizan tecnologías limpias la superioridad les corresponde en cuanto a tensión y lastometría al utilizar cromo recuperado (2642,02 N/cm² y 11.78 mm), en tanto que para el porcentaje de elongación la mayor respuesta (66.83 %), se registra al reutilizar el cromo de los lodos recuperados, por lo tanto la mejor alternativa de tecnología limpia para obtener mejores características físicas es la del cromo recuperado. La evaluación sensorial determina una mayor ponderación de llenura (4.63 puntos), al reutilizar el cromo de las aguas residuales, así como una mejor blandura cuando se reutilizó el baño de curtido (5,00 puntos), alcanzándose respuestas calificadas como excelentes, siendo el cromo recuperado nuevamente la mejor opción para obtener un cuero de gran calidad.
- Para evitar la contaminación de los residuos líquidos de una tenería la tecnología más adecuada fue el tratamiento de aguas residuales por medio de la recuperación del cromo puesto que se reportó un DBO de 310,00 mg/L y una eficiencia del 98 %, así como también para la DQO, se compara varias técnicas y se estableció que en la investigación del rediseño de la planta de tratamiento de agua residuales se consigue una disminución considerable en la DQO (32300 mg/L).
- La evaluación económica reporta el mayor beneficio/costo en los cueros curtidos con cromo reutilizado con 1,26; es decir una ganancia del 26%, que es superior a la de otras actividades similares, mientras que el beneficio costo más bajo lo tiene la reutilización de baño de curtido con 1,20, es decir, 20% de ganancia, por lo tanto, la mejor opción es la del cromo recuperado tanto por calidad como por precio.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda recuperar el cromo del agua residual de curtido para mitigar el impacto ambiental generado por el cromo desechado a cuerpos de agua dulce, además de asegurar el alto agotamiento del cromo evitando que se generen reacciones no deseadas en los cueros confeccionados que puedan afectar a la salud del consumidor.
- Es aconsejable utilizar alternativas de producción más limpia con el fin de mejorar la calidad de agua que se descarga al sistema de alcantarillado público y reutilización de la misma, separando contaminantes, sobre todo los procedentes de la curtición con cromo, para disminuir la carga contaminante y el DQO., planteándose la alternativa de utilización de cromo recuperado como la mejor opción para la industria de la tenería en nuestro medio.
- Se recomienda difundir los resultados de la presente revisión bibliográfica puesto que muestra un abanico de posibilidades para solucionar el gran problema ambiental que se presenta en nuestro país y que la legislación ambiental vigente, exige cada día más en el cumplimiento de las normas de residuos que son desechados
- Es aconsejable utilizar las tecnologías limpias para conseguir mitigar los impactos negativos que afectan al planeta en el que vivimos con eso se incrementará la huella ecológica, y se evitará graves consecuencias no solo para la salud humana sino también la flora y fauna circundante de las empresas curtidoras.

GLOSARIO

Blandura: es una característica que determina el grado de suavidad y caída del cuero. (Sanchez, 2017, pág. 62)

Curtido: es el proceso de convertir la piel putrescible en cuero imputrescible, tradicionalmente con tanino, un compuesto químico ácido que evita la descomposición y a menudo da color. (Lacerca, 2013, pág. 114)

Lastometría: es una característica que mide el grado de resistencia que presenta el cuero para soportar fricciones repetidas en la flor con cuerpos extraños y que asemeja al momento de la confección cuando se utilizan equipos que por movimiento repetitivos ejercen fuerzas en todas las direcciones de manera que puede desprenderse la película de acabado del cuero e irse fragmentado la fibra del entretejido fibrilar, produciendo el temido envejecimiento prematura que desmejora significativamente la calidad y comercialización del cuero que debe tener altas prestaciones físicas puesto que muchas veces está sometido a condiciones de clima y uso extremas. (Sanchez, 2017, pág. 62),

Llenura: es la característica sensorial que fue determinada por un juez capacitado, que basado en su experiencia y el adiestramiento de sus sentidos, puede determinar la capacidad de introducirse los diferentes productos en el entretejido fibrilar para darle cuerpo al cuero, es necesario que el llenado del cuero sea acorde a la confección del artículo final siendo mayor en cueros para calzado y menor para vestimenta, sin embargo esta cualidad sensorial no determina la cantidad de productos ingresados sino la adecuada posición en que estos se ubican en el entretejido fibrilar. (Rodriguez, 2017, pág. 69)

Organolépticos: se define así a las propiedades de un cuero que se perciben con los sentidos (untuosidad, aspereza, sabor, brillo, entre otras). (Tapia, 2006),

Pelambre: Proceso a través del cual se disuelve el pelo utilizando cal y sulfuro de sodio, produciéndose, además, al interior del cuero, el desdoblamiento de fibras a fibrillas, que prepara el cuero para la posterior curtición. (Schorlemmer, 2002, pág. 67)

Porcentaje de elongación: Por lo general, hablamos de la resistencia física del cuero que se calcula como la diferencia entre la separación final y la separación inicial de la probeta, o muestra de cuero, esta diferencia se expresa como porcentaje de la separación inicial, que es el largo de la muestra después del estiramiento (L), dividido por el largo original (L0), y multiplicado por 100. (Cordero, 2011, pág. 26)

Putrescible: se refiere al cuerpo que se puede Descomponer o corromper una materia o una sustancia por la acción de diversos factores y de determinados microorganismos. (Artigas M. ..., 2007, pág. 54)

Resistencia a la tensión: La resistencia a la tensión consiste es la máxima fuerza o tensión a la que puede someterse un metal antes de su rotura. El procedimiento empieza colocando la muestra en una máquina, conocida como extensómetro (ver imagen), que aplica una carga progresiva lentamente creciente. Esta carga se mide en newtons de fuerza (N/mm²). (Asociación Química Española de la Industria del Cuero , 2012, pág. 2)

Sólidos totales: es una medida del contenido combinado de todas las sustancias inorgánicas y orgánicas contenidas en un líquido en forma molecular, ionizada o en forma de suspensión microgranular (sol coloide). En general, la definición operativa es que los sólidos deben ser lo suficientemente pequeño como para sobrevivir filtración a través de un filtro con poros de 0,45 micrómetros (tamaño nominal, o más pequeño). (Espinoza, 2019, pág. 52).

Sulfato de cromo: se refiere al compuesto inorgánico de fórmula $Cr_2(SO_4)_3 \cdot x(H_2O)$, donde x puede variar de 0 a 18. Además, comercialmente se lo conoce de manera errónea como "sulfato de cromo básico". Estas sales son normalmente sólidos de color violeta o verdes cuando están solubilizadas en agua. (Pérez, 2014, pág. 76).

BIBLIOGRAFIA

ALVARO, P. *Calidad del agua residual de la planta tratadora de agua de CECFOR n 3 para uso agrícola* [En línea] [Investigación]. Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro, Ciudad de México, México. 2010. pp. 4-5. [Consulta: 2020-08-05]. Disponible en: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/5602>

ARMAS, G. *Diseño de un sistema de tratamiento de agua residual para la Tenería Neogranadina S.A. de la ciudad de Ambato.* [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Escuela Superior Politecnica de Chimborazo, Facultad de ciencias Pecuarias. Riobamba, Ecuador. 2012. pp. 40-52. [Consulta: 2020-07-25]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2511/1/96T00193.pdf>

ARTIGA, P. *Contribución a la mejora del tratamiento biológico de aguas residuales de la industria de curtidos. Tesis doctoral, Universidad de Santiago de Compostela.* 1ª Edición. Santiago de Compostela, España: Universidad Santiago de Compostela - Ingeniería Química, 2005. pp. 12 -54.

ARTIGAS, M. *Manual de Curtiembre. Avances en la Curtición de pieles.* 2ª Edición. Barcelona, España: Latinoamericana. 2007. pp. 24 -52.

ASOCIACIÓN QUÍMICA ESPAÑOLA DE LA INDUSTRIA DEL CUERO. Normas españolas de calidad del cuero. 1ª Edición. Barcelona, España: AQEIC, 2012. pp. 1 - 12.

ASTROMELIA, K. *La industria de la curtiembre y el ambiente. Sistema de Control de la contaminación.,* 2da Edición. Lima, Perú: CEPIS, 2000. pp. 22 -45.

BACARDIT, A. *Diseño de un proceso combinado de curtición.* 1ª Edición. Cataluña, España : COUSO, 2014. pp. 12-52-69.

BALLA, J. *Comparación del Sistema de Curtición Tradicional Versus un Sistema de Curtición Ecológica en Pieles Caprinas* [En línea] (Trabajo de Titulación) (Ingeniería) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias Pecuarias. Riobamba, Ecuador : ESPOCH, 2011. pp. 35-41. [Consulta: 2020-06-28]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/829>

BALSECA, A. *Ficha Informativa Procesamiento de Cuero.* 1a Edición. Quito, Ecuador: Corporación Financiera Nacional (CFN), 2013. pp 36 - 47

BART, H. & MONRROY, N. & SAR, A. *Producción más Limpia, Paradigma de Gestión Ambiental*. 2ª Edición. Bogotá, Colombia : Alfaomega Colombiana S.A, 2008. pp. 49,72,82, 86, 95,215.

CABRERA, P. *Producción caprina: leche, carne, pelo y piel*. 1ª Edición. La Paz, Bolivia: Editorial Universitaria, 2011. pp 65 - 25

COLOMA, J. *Optimización de las depuradoras físico-químicas*. 1ª Edición. Buenos Aires, Argentina: EDITESA, 2018. pp. 31- 40. Vol. 1. pp 65 - 85

CORDERO, B. *Tecnología de la Curtición*. 1a Edición. Cuenca, Ecuador: Cámara Ecuatoria del libro, 2011. pp 56 - 65

DUQUE, O. *Evolución ecológica de los productos químicos utilizados en la industria del cuero*. 2a Edición. Buenos Aires, Argentina: Producción + Limpia, 2017. pp. 48-56.

ESPINOZA, F. Produccion de pelo y piel de caprino [En línea] 2019. [Citado el: 12 de Marzo de 2017.] Disponible en:
<http://www.angelfire.com/yt2/UNAM/pelopiel.html>.

FREIRE, P. *Analisis y evaluacion de un sistema de tratamiento de aguas residuales para la empresa TEIMSA Ambato* [En línea] (Trabajo de titulación) (Ingeniería) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica. Riobamba, Ecuador : ESPOCH, 2012. pp. 175-184. [Citada: 2020-07-05]. Disponible en:
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/2337>

GORDILLO, D. *“Evaluación del sistema de recuperación de pelo en el proceso de depilado de la empresa Tenería Inca”* [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, Facultad de Ciencias Pecuarias. Riobamba, Ecuador : 2015. pp. 54-78. [Consulta: 2020-07-15]. Disponible en:
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/6084>

HERFELD, H. *Investigación en la mecanización racionalización y automatización de la industria del cuero*. 2ª Edición. Moscú, Rusia: Chemits , 2004. pp. 157 – 173. pp 56 - 62

HIDALGO, L. *Texto basico de Curtiembre de pieles*. 2ª Edición. Riobamba, Ecuador: ESPOCH, 2014. pp. 13 - 54.

LACERCA, J. *Curtición de Cueros y pieles*. 1ª Edición. Buenos Aires, Argentina : Albatros, 2013. pp 63 - 69

LÓPEZ, C. *Rediseño del sistema de tratamiento de aguas residuales para la Curtiduría Cristo del Consuelo de la ciudad de Ambato*. [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias. Riobamba , Ecuador : ESPOCH, 2019. pp. 16-48. [Consulta: 2020-07-10]. Disponible en:
<http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/13114>

LÓPEZ, J. & Sales, D. & Quiroga, J. *Optimización de tratamientos físicoquímicos. Ensayos de laboratorio. Tratamiento de Aguas Residuales, Febrero 2000*. 2a Edición. Buenos Aires, Argentina: Perludes, 2000. pp. 151-156.

MELGAR, F. *Tecnología del cuero tomo I procesos de curtición control de calidad y maquinarias*. Segunda edición. Edición. Hualhuas, Perú : sn, 2015. pp 23 - 29

MÉNDEZ, K. & VIDAL, G.& LORBER, F. & MÁRQUEZ, L. *Producción Limpia en la Industria de curtiembre*. 2a Edición. Santiago de Compostela, España: Universidad Santiago de Compostela, 2011. pp. 97-111.

MIJAYLOVA, P.& LÓPEZ, S. & CARDOSO, L. & RAMIREZ, E. *Tratamiento de efluentes del proceso del curtido al cromo*. 1ª Edición. ciudad de México, México : Instituto mexicano de tecnología del agua , Subcoordinación de tratamiento de aguas residuales, 2012. pp 28 - 56

PÉREZ, Camila. *Guía ambiental para el sector de curtiembres. Unidad de asistencia técnica ambiental para la pequeña y mediana empresa*. 1ª Edición. Bogotá, Colombia: UATA, 2014. pp 69 - 72

POMA, J. *Remoción De Contaminantes De Aguas Residuales Urbanas Por El Metodo De Electrocoagulación* [En línea] (Tesis). (Ingeniería). Universidad Nacional Del Centro Del Peru, Facultad de Ingeniería Química. Huancayo - Peru, 2016. pp. 42-51. [Consulta: 2020-07-15]. Disponible en: <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/3757>

PRAT, J. *Química Técnica De Curtición*. 1a Edición. Barcelona, España: Consorci Escola Tècnica D'Igualada, 2002. pp 61 - 62

REYES, C. & LOBO, M. & FEHER, S. *Aspectos Ambientales, Legales y Socioeconómicos de las curtiembres*. 2a Edición . Ciudad de Mexico, México: Unidad de Medio Ambiente , Secretaria de Industria, Comercio PyME, 2009. pp. 23-46.

RODRIGUEZ, H. *Influencia de la calidad del agua sobre el proceso de acabado en húmedo del cuero ovino* [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias Pecuarias. Riobamba, Ecuador : ESPOCH, 2017. pp. 44-58. [Consulta: 2020-07-15]. Disponible en:
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/8132>

RUANO, J. Que es cuero de caprinos, CUERO. [En línea] [Investigación]. 2019. [Citado el: 18 de junio de 2020.] Disponible en:
<https://dcuero.online/clasificacion-del-cuero-segun-su-procedencia/que-es-cuero-de-caprinos/>.

SALMERON, J. *Generación y tratamiento de residuos en la industria del curtido de valencia*. 1ª Edición. Valencia, España: Confederación Empresarial Valenciana, 2005. pp. 20-40.

SAMPEYRO, M. Impacto De Los Residuos De Las Tenerías Sobre El Ambiente Y La Salud Humana. [En línea]. 2019. [Citado el: 12 de julio de 2020.] Disponible en:
http://www.biologia.edu.ar/tesis/forcillo/pdf/impacto_de_los_residuos.pdf.

SANCHÉZ, R. & Andrade, S. *Diseño e implementación de un prototipo mecánico para la recuperación de cromo utilizado en la curtición de pieles*. [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Escuela Superior Politecnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias Pecuarias. Riobamba, Ecuador : 2017. pp. 39-95. [Consulta: 2020-07-15]. Disponible en:
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/8124>

SÁNCHEZ, V. *Rediseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales para la curtiduría san vicente de la ciudad de Ambato*. [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, Facultad de Ciencias. Riobamba, Ecuador: 2019. pp. 50-60. [Citado: 2020-07-16]. Disponible en:
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/13807>

SCHORLEMMER, J. *Resistencia al frote del acabado del cuero*. 1ª Edición. Asunción, Buenos Aires: Kalvine., 2002. pp. 15-18.

SOLER, J. *Procesos de curtidos*. 2a Edición . Catalunya, España: CETI, 2005. pp. 3, 5, 4523, 25, 49,80.

TAPIA, X. *Reutilización del Baño de Curtido en el Proceso de Pickelado de Pieles Ovinas*. [En línea] (Tesis de Grado). (Ingeniería) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de

Ciencias Pecuarias. Riobamba , Ecuador: ESPOCH, 2006. pp. 72-98. [Consulta: 2020-07-16].

Disponible en:

<http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/1758>

VERA, V. & Ceirano, Z. Evaluación y preservación de pieles, cueros y sus manufacturas. [En línea] [Investigación]. Argentina: Centro de investigación y Desarrollo del Cuero, 2002. [Citado el: 14 de Enero de 2018.] Disponible en:

<https://digital.cic.gba.gob.ar/bitstream/handle/11746/220/57-Vera-1.pdf?sequence=1>.

ANEXOS

Anexo A: EVALUACIÓN DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO (DBO) DE LAS AGUAS RESIDUALES COMPARANDO EL SISTEMA DE TRADICIONAL VERSUS UN MODIFICADO DE RECUPERACIÓN DE PELO EN EL PROCESO DE DEPILADO (Gordillo, 2015)

Tradicional	Datos	Esperado	Obs - Esp	Obs-esp 2
1	11600,00	18055,00	-6455,00	41667025
2	9920,00	18055,00	-8135,00	66178225
3	25600,00	18055,00	7545,00	56927025
4	25100,00	18055,00	7045,00	49632025

B. Estadística Descriptiva

	Tradicional	Modificado
Media	18055	12685
Error típico	4226,94038	2207,08518
Mediana	18350	12300
Moda	#N/A	#N/A
Desviación estándar	8453,88077	4414,17036
Varianza de la muestra	71468100	19484900
Curtosis	-5,78632115	-4,41103859
Coefficiente de asimetría	-0,03105957	0,21684523
Rango	15680	9060
Mínimo	9920	8540
Máximo	25600	17600
Suma	72220	50740
Cuenta	4	4

C. Prueba de T-student

	Variable 1	Variable 2
Media	18055	12685
Varianza	71468100	19484900
Observaciones	4	4
Varianza agrupada	45476500	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	6	
Estadístico t	1,13	
P(T<=t) una cola	0,02	*
Valor crítico de t (una cola)	1,94	
P(T<=t) dos colas	0,30	
Valor crítico de t (dos colas)	2,45	

Anexo B: EVALUACIÓN DE LA DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO (DBO) DE LAS AGUAS RESIDUALES COMPARANDO EL SISTEMA DE TRADICIONAL VERSUS UN MODIFICADO DE RECUPERACIÓN DE PELO EN EL PROCESO DE DEPILADO (Gordillo, 2015)

Tradicional	Datos	Esperado	Obs - Esp	Obs-esp 2
1	29960,00	32130,00	-2170,00	4708900
2	20440,00	32130,00	-11690,00	136656100
3	37120,00	32130,00	4990,00	24900100
4	41000,00	32130,00	8870,00	78676900

B. Estadística Descriptiva

	Tradicional	Modificado
Media	32130	23702,5
Error típico	4517,945698	956,7860698
Mediana	33540	24040
Moda	#N/A	#N/A
Desviación estándar	9035,891397	1913,57214
Varianza de la muestra	81647333,33	3661758,333
Curtosis	-0,74570723	-0,608735423
Coefficiente de asimetría	-0,709911366	-0,791774381
Rango	20560	4330
Mínimo	20440	21200
Máximo	41000	25530
Suma	128520	94810
Cuenta	4	4

C. Prueba de T-student

	Variable 1	Variable 2
Media	32130	23702,5
Varianza	81647333,3	3661758,33
Observaciones	4	4
Varianza agrupada	42654545,8	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	6	
Estadístico t	1,8248665	
P(T<=t) una cola	0,05891161	ns
Valor crítico de t (una cola)	1,94318028	
P(T<=t) dos colas	0,11782323	
Valor crítico de t (dos colas)	2,44691185	

**Anexo C: EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA TENSIÓN DEL CUERO
COMPARANDO EL SISTEMA DE TRADICIONAL VERSUS UN
MODIFICADO DE RECUPERACIÓN DE PELO EN EL PROCESO DE
DEPILADO (Gordillo, 2015)**

A. Análisis de los datos

Tradicional	Datos	Esperado	Obs - Esp	Obs-esp 2
1	1427,41	1647,72	-220,31	48534,293
2	1693,28	1647,72	45,56	2076,16922
3	1649,82	1647,72	2,10	4,431025
4	1820,35	1647,72	172,64	29802,8432

B. Estadística Descriptiva

	Tradicional	Modificado
Media	1647,72	1616,7325
Error típico	81,86	126,820069
Mediana	1671,55	1601,75
Moda	#N/A	#N/A
Desviación estándar	163,73	253,640139
Varianza de la muestra	26805,91	64333,32
Curtosis	1,57	0,67925468
Coefficiente de asimetría	-0,83	0,33096867
Rango	392,94	610,19
Mínimo	1427,41	1326,62
Máximo	1820,35	1936,81
Suma	6590,86	6466,93
Cuenta	4,00	4

C. Prueba de T-student

	Variable 1	Variable 2
Media	1647,72	1616,73
Varianza	26805,91	64333,32
Observaciones	4,00	4,00
Varianza agrupada	45569,62	
Diferencia hipotética de las medias	0,00	
Grados de libertad	6,00	
Estadístico t	0,21	
P(T<=t) una cola	0,42	
Valor crítico de t (una cola)	1,94	
P(T<=t) dos colas	0,84	
Valor crítico de t (dos colas)	2,45	

**Anexo D: EVALUACIÓN DEL PORCENTAJE DE ELONGACIÓN DEL CUERO
COMPARANDO EL SISTEMA DE TRADICIONAL VERSUS UN
MODIFICADO DE RECUPERACIÓN DE PELO EN EL PROCESO DE
DEPILADO (Gordillo, 2015)**

A. Análisis de los datos

Tradicional	Datos	Esperado	Obs - Esp	Obs-esp 2
1	58,35	0,05	0,0025	58,35
2	58,35	-6,95	48,3025	58,35
3	58,35	-1,75	3,0625	58,35
4	58,35	8,65	74,8225	58,35

B. Estadística Descriptiva

	Tradicional	Modificado
Media	58,35	66,83
Error típico	3,24	3,66
Mediana	57,50	66,20
Moda	#N/A	#N/A
Desviación estándar	6,49	7,33
Varianza de la muestra	42,06	53,70
Curtosis	1,46	1,12
Coefficiente de asimetría	0,75	0,49
Rango	15,60	17,70
Mínimo	51,40	58,60
Máximo	67,00	76,30
Suma	233,40	267,30
Cuenta	4,00	4,00

C. Prueba de T-student

	Variable 1	Variable 2
Media	58,35	66,83
Varianza	42,06	53,70
Observaciones	4,00	4,00
Varianza agrupada	47,88	
Diferencia hipotética de las medias	0,00	
Grados de libertad	6,00	
Estadístico t	-1,73	
P(T<=t) una cola	0,07	
Valor crítico de t (una cola)	1,94	
P(T<=t) dos colas	0,13	
Valor crítico de t (dos colas)	2,45	

Anexo E: EVALUACIÓN DE LA LLENURA DEL CUERO COMPARANDO EL SISTEMA DE TRADICIONAL VERSUS UN MODIFICADO DE RECUPERACIÓN DE PELO EN EL PROCESO DE DEPILADO (Gordillo, 2015)

A. Análisis de los datos

Tradicional	Datos	Esperado	Obs - Esp	Obs-esp 2
1	3,00	3,50	-0,50	0,25
2	4,00	3,50	0,50	0,25
3	4,00	3,50	0,50	0,25
4	3,00	3,50	-0,50	0,25

B. Estadística Descriptiva

	<u>Tradicional</u>	<u>Modificado</u>
Media	3,50	4,50
Error típico	0,29	0,29
Mediana	3,50	4,50
Moda	3,00	4,00
Desviación estándar	0,58	0,58
Varianza de la muestra	0,33	0,33
Curtosis	-6,00	-6,00
Coficiente de asimetría	0,00	0,00
Rango	1,00	1,00
Mínimo	3,00	4,00
Máximo	4,00	5,00
Suma	14,00	18,00
Cuenta	4,00	4

C. Prueba de T-student

	<u>Variable 1</u>	<u>Variable 2</u>
Media	3,50	4,50
Varianza	0,33	0,33
Observaciones	4,00	4,00
Varianza agrupada	0,33	
Diferencia hipotética de las medias	0,00	
Grados de libertad	6,00	
Estadístico t	-2,45	
P(T<=t) una cola	0,02	*
Valor crítico de t (una cola)	1,94	
P(T<=t) dos colas	0,05	
Valor crítico de t (dos colas)	2,45	

Anexo F: EVALUACIÓN DE LA BLANDURA DEL CUERO COMPARANDO EL SISTEMA DE TRADICIONAL VERSUS UN MODIFICADO DE RECUPERACIÓN DE PELO EN EL PROCESO DE DEPILADO (Gordillo, 2015)

A. Análisis de los datos

Tradicional	Datos	Esperado	Obs - Esp	Obs-esp 2
1	3,00	3,25	-0,25	0,0625
2	3,00	3,25	-0,25	0,0625
3	4,00	3,25	0,75	0,5625
4	3,00	3,25	-0,25	0,0625

B. Estadística Descriptiva

	Tradicional	Modificado
Media	3,25	4,00
Error típico	0,25	0,41
Mediana	3,00	4,00
Moda	3,00	4,00
Desviación estándar	0,50	0,82
Varianza de la muestra	0,25	0,67
Curtosis	4,00	1,50
Coefficiente de asimetría	2,00	0,00
Rango	1,00	2,00
Mínimo	3,00	3,00
Máximo	4,00	5,00
Suma	13,00	16,00
Cuenta	4,00	4,00

C. Prueba de T-student

	Variable 1	Variable 2
Media	3,25	4,00
Varianza	0,25	0,67
Observaciones	4,00	4,00
Varianza agrupada	0,46	
Diferencia hipotética de las medias	0,00	
Grados de libertad	6,00	
Estadístico t	-1,57	
P(T<=t) una cola	0,08	
Valor crítico de t (una cola)	1,94	
P(T<=t) dos colas	0,17	
Valor crítico de t (dos colas)	2,45	

**ANEXO G: EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA TENSIÓN DEL CUERO OVINO
CURTIDO CON CROMO TOTAL Y CON RECIRCULACIÓN DE CROMO.
(Sánchez, 2019)**

A. Análisis de los datos

TRATAMIENTO	REPETICIO N	Observad o	obs- espr	(obs - espr) ²
Convencional	1	2267,86	253,76	64392,84
Convencional	2	1866,67	-147,43	21736,50
Convencional	3	1921,88	-92,22	8505,40
Convencional	4	2000,00	-14,10	198,80
	Promedio	2014,10	Sumatoria	94833,54
			Varianza	31611,18
			Desviación	177,795328

Tratamiento	Repetición	Observado	obs- espr	(obs - espr) ²
Cromo recuperado	1	2500,00	485,90	236099,10
Cromo recuperado	2	2653,85	639,75	409275,52
Cromo recuperado	3	2205,88	191,78	36780,59
Cromo recuperado	4	3208,33	1194,23	1426193,97
	Promedio	2642,02	Sumatoria	2108349,17
			Varianza	702783,06
			Desviación	838,32

B. Prueba de T-student

	<i>Convencion al</i>	<i>Cromo recupe</i>
Media	2014,10	2642,02
Varianza	31611,18	177078,79
Observaciones	4,00	4,00
Varianza agrupada	104344,99	
Diferencia hipotética de las medias	0,00	
Grados de libertad	6,00	
Estadístico t	-2,75	
P(T<=t) una cola	0,02	*
Valor crítico de t (una cola)	1,94	
P(T<=t) dos colas	0,03	
Valor crítico de t (dos colas)	2,45	

**ANEXO H: EVALUACIÓN DEL PORCENTAJE DE ELONGACIÓN DEL CUERO OVINO
CURTIDO CON CROMO TOTAL Y CON RECIRCULACIÓN DE CROMO.
(Sanchez, 2017)**

A. Análisis de los datos

TRATAMIENTO	REPETICIÓN	Observado	obs- espr	(obs - esp) ²
Convencional	1	110,00	-1,25	1,56
Convencional	2	115,00	3,75	14,06
Convencional	3	105,00	-6,25	39,06
Convencional	4	115,00	3,75	14,06
	Promedio	111,25	Sumatoria	68,75
			Varianza	22,92
			Desviación	4,78713554

Tratamiento	Repetición	Observado	obs- espr	(obs - esp) ²
Cromo recuperado	1	57,50	-53,75	2889,06
Cromo recuperado	2	55,00	-56,25	3164,06
Cromo recuperado	3	67,50	-43,75	1914,06
Cromo recuperado	4	55,00	-56,25	3164,06
	Promedio	58,75	Sumatoria	11131,25
			Varianza	3710,42
			Desviación	60,91

B. Prueba de T-student

	<i>Convencional</i>	<i>Cromo recupe</i>
Media	111,25	58,75
Varianza	22,9166667	35,4166667
Observaciones	4	4
Varianza agrupada	29,1666667	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	6	
Estadístico t	13,7477271	
P(T<=t) una cola	4,6052E-06	**
Valor crítico de t (una cola)	1,94318028	
P(T<=t) dos colas	9,2103E-06	
Valor crítico de t (dos colas)	2,44691185	

**ANEXO I: EVALUACIÓN DEL PORCENTAJE DE ELONGACIÓN CUERO OVINO
CURTIDO CON CROMO TOTAL Y CON RECIRCULACIÓN DE CROMO.**
(Sanchez, 2017)

A. Análisis de los datos

TRATAMIENTO	REPETICION	Observado	obs- espr	(obs - esp) ²
Convencional	1	110,00	-1,25	1,56
Convencional	2	115,00	3,75	14,06
Convencional	3	105,00	-6,25	39,06
Convencional	4	115,00	3,75	14,06
	Promedio	111,25	Sumatoria	68,75
			Varianza	22,92
			Desviación	4,78713554

Tratamiento	Repetición	Observado	obs- espr	(obs - esp) ²
Cromo recuperado	1	57,50	-53,75	2889,06
Cromo recuperado	2	55,00	-56,25	3164,06
Cromo recuperado	3	67,50	-43,75	1914,06
Cromo recuperado	4	55,00	-56,25	3164,06
	Promedio	58,75	Sumatoria	11131,25
			Varianza	3710,42
			Desviación	60,91

B. Prueba de T-student

	<i>Convencional</i>	<i>Cromo recupe</i>
Media	111,25	58,75
Varianza	22,9166667	35,4166667
Observaciones	4	4
Varianza agrupada	29,1666667	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	6	
Estadístico t	13,7477271	
P(T<=t) una cola	4,6052E-06	**
Valor crítico de t (una cola)	1,94318028	
P(T<=t) dos colas	9,2103E-06	
Valor crítico de t (dos colas)	2,44691185	

ANEXO J: EVALUACIÓN DE LA LASTROMETRÍA CUERO OVINO CURTIDO CON CROMO TOTAL Y CON RECIRCULACIÓN DE CROMO. (Sanchez, 2017)

A. Análisis de los datos

TRATAMIENTO	REPETICION	Observado	obs- espr	(obs - esp) ²
Convencional	1	11,91	0,8 8	0,78
Convencional	2	11,71	0,6 9	0,47
Convencional	3	11,00	-0,03	0,00
Convencional	4	9,48	-1,55	2,39
	Promedio	11,03	Sumatoria	3,65
			Varianza	1,22
			Desviación	1,10298954

Tratamiento	Repetición	Observado	obs- espr	(obs - esp) ²
Cromo recuperado	1	10,71	-0,32	0,10
Cromo recuperado	2	11,00	-0,03	0,00
Cromo recuperado	3	10,71	-0,32	0,10
Cromo recuperado	4	10,71	-0,32	0,10
	Promedio	10,78	Sumatoria	0,31
			Varianza	0,10
			Desviacion	0,32

B. Prueba de T-student

	<i>Convencional</i>	<i>Cromo recupe</i>
Media	11,0254094	10,7794118
Varianza	1,21658593	0,0216263
Observaciones	4	4
Varianza agrupada	0,61910612	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	6	
Estadístico t	0,44214359	
P(T<=t) una cola	0,33693833	ns
Valor crítico de t (una cola)	1,94318028	
P(T<=t) dos colas	0,67387667	
Valor crítico de t (dos colas)	2,44691185	

ANEXO K: EVALUACIÓN DE LA BLANDURA CUERO OVINO CURTIDO CON CROMO TOTAL Y CON RECIRCULACIÓN DE CROMO. (Sánchez, 2019)

Análisis de los datos

TRATAMIENTO	REPETICION	Observado	obs- espr	(obs - esp) ²
Convencional	1	5,00	0,25	0,06
Convencional	2	5,00	0,25	0,06
Convencional	3	4,00	-0,75	0,56
Convencional	4	5,00	0,25	0,06
	Promedio	4,75	Sumatoria	0,75
			Varianza	0,25
			Desviación	0,5

Tratamiento	Repetición	Observado	obs- espr	(obs - esp) ²
Cromo recuperado	1	4,00	-0,75	0,56
Cromo recuperado	2	3,00	-1,75	3,06
Cromo recuperado	3	4,00	-0,75	0,56
Cromo recuperado	4	5,00	0,25	0,06
	Promedio	4,00	Sumatoria	4,25
			Varianza	1,42
			Desviación	1,19

A. Prueba de T-student

	<i>Convencional</i>	<i>Cromo recupe</i>
Media	4,75	4,00
Varianza	0,25	0,67
Observaciones	4,00	4,00
Varianza agrupada	0,46	
Diferencia hipotética de las medias	0,00	
Grados de libertad	6,00	
Estadístico t	1,57	
P(T<=t) una cola	0,08	
Valor crítico de t (una cola)	1,94	
P(T<=t) dos colas	0,17	
Valor crítico de t (dos colas)	2,45	

ANEXO L: ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS DEL PORCENTAJE DE ELONGACIÓN EN LA REUTILIZACIÓN DEL BAÑO DE CURTIDO EN EL PROCESO DE PICKELADO DE PIELS OVINAS (Tapia, 2006)

NUMERO DE REUTILIZACIÓN DEL BAÑO		ESTADÍSTICAS	ERROR ESTÁNDAR
T0 sin reutilización	Media	49,20	0,2
	Mediana	49,00	
	Moda	50,00	
	Desviación estándar	0,77	
	Varianza de la muestra	0,60	
	Curtosis	-1,12	
	Asimetría	-0,38	
	Nivel de confianza (95,0%)	0,43	
T1 Primera reutilización	Media	49,33	0,61
	Mediana	49,00	
	Moda	50,00	
	Desviación estándar	2,38	
	Varianza de la muestra	5,67	
	Curtosis	-0,62	
	Asimetría	0,20	
	Nivel de confianza (95,0%)	1,32	
T2 Segunda reutilización	Media	59,40	0,42
	Mediana	60,00	
	Moda	58,00	
	Desviación estándar	1,64	
	Varianza de la muestra	2,69	
	Curtosis	-0,44	
	Asimetría	-0,41	
	Nivel de confianza (95,0%)	0,91	
T3 Tercera reutilización	Media	51,67	0,35
	Mediana	52,00	
	Moda	52,00	
	Desviación estándar	1,35	
	Varianza de la muestra	1,81	
	Curtosis	-1,16	
	Asimetría	-0,11	
	Nivel de confianza (95,0%)	0,74	

Las diferencias son altamente significativas ($P < .05$ con 3 g.l.) FUENTE: Laboratorio de Control de calidad de la Tenería "Curtipiel Martínez" (Ambato)

ELABORACION: Tapia, J (2006). Referencia de calificación: Mayor (+) mas o menos (+ o -) y menor (-)

**ANEXO M: ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS DEL PORCENTAJE DE ELONGACIÓN EN
LA REUTILIZACIÓN DEL BAÑO DE CURTIDO EN EL PROCESO DE
PICKELADO DE PIELS OVINAS (Tapia, 2006)**

NUMERO DE REUTILIZACIÓN DEL BAÑO		ESTADÍSTICAS	ERROR ESTÁNDAR
TO sin reutilización	Media	49,20	0,2
	Mediana	49,00	
	Moda	50,00	
	Desviación estándar	0,77	
	Varianza de la muestra	0,60	
	Curtosis	-1,12	
	Asimetría	-0,38	
	Nivel de confianza (95,0%)	0,43	
	<hr/>		
T1 Primera reutilización	Media	49,33	0,61
	Mediana	49,00	
	Moda	50,00	
	Desviación estándar	2,38	
	Varianza de la muestra	5,67	
	Curtosis	-0,62	
	Asimetría	0,20	
	Nivel de confianza (95,0%)	1,32	
	<hr/>		
T2 Segunda reutilización	Media	59,40	0,42
	Mediana	60,00	
	Moda	58,00	
	Desviación estándar	1,64	
	Varianza de la muestra	2,69	
	Curtosis	-0,44	
	Asimetría	-0,41	
	Nivel de confianza (95,0%)	0,91	
	<hr/>		
T3 Tercera reutilización	Media	51,67	0,35
	Mediana	52,00	
	Moda	52,00	
	Desviación estándar	1,35	
	Varianza de la muestra	1,81	
	Curtosis	-1,16	
	Asimetría	-0,11	
	Nivel de confianza (95,0%)	0,74	

Referencia de calificación: Mayor (+) mas o menos

Las diferencias son altamente significativas ($P < .05$ con 3 g.l.) FUENTE: Laboratorio de Control de calidad de la Tenería "Curtipiel Martínez" (Ambato) ELABORACION: Tapia, J (2006). Referencia de calificación: Mayor (+) mas o menos (+ o -) y menor (-)

ANEXO N: ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS DE LA LLENURA EN LA REUTILIZACIÓN DEL BAÑO DE CURTIDO EN EL PROCESO DE PICKELADO DE PIELS OVINAS (Tapia, 2006)

NÚMERO DE	REUTILIZACIÓN DEL BAÑO	ESTADÍSTICAS	ERROR ESTÁNDAR
TO Sin reutilización	Media	4,73	0,12
	Mediana	5,00	
	Moda	5,00	
	Desviación estándar	0,46	
	Varianza de la muestra	0,21	
	Curtosis	-0,73	
	Asimetría	-1,18	
	Nivel de confianza (95,0%)	0,25	
T1 Primera Reutilización	Media	5,0	0,0001
	Mediana	5,0	
	Moda	5,0	
	Desviación estándar	0,0	
	Varianza de la muestra	0,0	
	Curtosis	0,0	
	Asimetría	0,0	
	Nivel de confianza (95,0%)	0,0	
T2 Segunda Reutilización	Media	4,53	0,13
	Mediana	5,00	
	Moda	5,00	
	Desviación estándar	0,52	
	Varianza de la muestra	0,27	
	Curtosis	-2,31	
	Asimetría	-0,15	
	Nivel de confianza (95,0%)	0,29	
T3 Tercera Reutilización	Media	3,93	0,23
	Mediana	4,00	
	Moda	3,00	
	Desviación estándar	0,88	
	Varianza de la muestra	0,78	
	Curtosis	-1,78	
	Coefficiente de asimetría	0,14	
	Nivel de confianza (95,0%)	0,49	

**ANEXO O: LLENURA DEL CUERO OVINO BAJO LA INFLUENCIA DE LA CALIDAD
DEL AGUA SOBRE EL PROCESO DE ACABADO EN HÚMEDO (Rodríguez,
2017)**

Procesos con agua potable				
Tratamiento	Muestra	Valor obsr	Obs - esper	(obs - espe) ²
1	1	4,00	-0,63	0,39
1	2	5,00	0,38	0,14
1	3	5,00	0,38	0,14
1	4	5,00	0,38	0,14
1	5	5,00	0,38	0,14
1	6	5,00	0,38	0,14
1	7	4,00	-0,63	0,39
1	8	4,00	-0,63	0,39
	Media	4,63		1,88
			Desviacion	0,27
			Varianza	0,52

Procesos con agua sin tratar

Tratamiento	Muestra	Valor obsr	Obs - esper	(obs - espe) ²
1	1	4,00	-0,63	0,39
1	2	4,00	-0,63	0,39
1	3	3,00	-1,63	2,64
1	4	4,00	-0,63	0,39
1	5	3,00	-1,63	2,64
1	6	4,00	-0,63	0,39
1	7	4,00	-0,63	0,39
1	8	3,00	-1,63	2,64
	Media	3,63		9,88
			Desviación	1,41
			Varianza	1,19

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	4,625	3,625
Varianza	0,26785714	0,26785714
Observaciones	8	8
Varianza agrupada	0,26785714	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	14	
Estadístico t	3,86436713	
P(T<=t) una cola Valor crítico de t (una cola)	0,0008591	**
	1,76131014	
P(T<=t) dos colas	0,0017182	
Valor crítico de t (dos colas)	2,14478669	

ANEXO P: LLENURA DEL CUERO OVINO CURTIDO CON CROMO TOTAL Y CON RECIRCULACIÓN DE CROMO. (Sanchez, 2017)

A. Análisis de los datos

TRATAMIENTO	REPETICION	Observado	obs- espr	(obs - esp) ²
Convencional	1	4,00	0,00	0,00
Convencional	2	4,00	0,00	0,00
Convencional	3	3,00	-1,00	1,00
Convencional	4	5,00	1,00	1,00
	Promedio	4,00	Sumatoria	2,00
			Varianza	0,67
			Desviación	0,81649658

Tratamiento	Repetición	Observado	obs- espr	(obs - esp) ²
Cromo recuperado	1	3,00	-1,00	1,00
Cromo recuperado	2	4,00	0,00	0,00
Cromo recuperado	3	3,00	-1,00	1,00
Cromo recuperado	4	4,00	0,00	0,00
	Promedio	3,50	Sumatoria	2,00
			Varianza	0,67
			Desviación	0,82

B. Prueba de T-student

	<i>Convencional</i>	<i>Cromo recupe</i>
Media	4,00	3,50
Varianza	0,67	0,33
Observaciones	4,00	4,00
Varianza agrupada	0,50	
Diferencia hipotética de las medias	0,00	
Grados de libertad	6,00	
Estadístico t	1,00	
P(T<=t) una cola	0,18	ns
Valor crítico de t (una cola)	1,94	
P(T<=t) dos colas	0,36	
Valor crítico de t (dos colas)	2,45	

ANEXO Q: ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS DE LA BLANDURA EN LA REUTILIZACIÓN DEL BAÑO DE CURTIDO EN EL PROCESO DE PICKELADO DE PIELS OVINAS (Tapia, 2006)

NÚMERO DE	REUTILIZACIÓN DEL BAÑO	ESTADÍSTICAS	ERROR ESTÁNDAR
	Media	4,73	0,12
	Mediana	5,00	
	Moda	5,00	
TO	Desviación estándar	0,46	
Sin reutilización	Varianza de la muestra	0,21	
	Curtosis	-0,73	
	Asimetría	-1,18	
	Nivel de confianza (95,0%)	0,25	
	Media	5,0	
	Mediana	5,0	0,0001
	Moda	5,0	
	Desviación estándar	0,0	
T1	Varianza de la muestra	0,0	
Primera Reutilización	Curtosis	0,0	
	Asimetría	0,0	
	Nivel de confianza (95,0%)	0,0	
	Media	4,53	
	Mediana	5,00	
	Moda	5,00	
T2	Desviación estándar	0,52	0,13
Segunda Reutilización	Varianza de la muestra	0,27	
	Curtosis	-2,31	
	Asimetría	-0,15	
	Nivel de confianza (95,0%)	0,29	
	Media	3,93	0,23
	Mediana	4,00	
	Moda	3,00	
T3	Desviación estándar	0,88	
Tercera Reutilización	Varianza de la muestra	0,78	
	Curtosis	-1,78	
	Coficiente de asimetría	0,14	
	Nivel de confianza (95,0%)	0,49	

**ANEXO R: ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE
OXIGENO DEL REDISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE
AGUAS RESIDUALES PARA LA CURTIDURÍA SAN VICENTE DE LA
CIUDAD DE AMBATO (Sánchez, 2019)**

A. Análisis de los datos

Tradicional	Datos	Esperado	Obs - Esp	Obs-esp 2
1	11600,00	18055,00	-6455,00	41667025
2	9920,00	18055,00	-8135,00	66178225
3	25600,00	18055,00	7545,00	56927025
4	25100,00	18055,00	7045,00	49632025

B. Estadística Descriptiva

	Tradicional	Modificado
Media	18055	12685
Error típico	4226,94038	2207,08518
Mediana	18350	12300
Moda	#N/A	#N/A
Desviación estándar	8453,88077	4414,17036
Varianza de la muestra	71468100	19484900
Curtosis	-5,78632115	-4,41103859
Coficiente de asimetría	-0,03105957	0,21684523
Rango	15680	9060
Mínimo	9920	8540
Máximo	25600	17600
Suma	72220	50740
Cuenta	4	4

C. Prueba de T-student

	Variable 1	Variable 2
Media	18055	12685
Varianza	71468100	19484900
Observaciones	4	4
Varianza agrupada	45476500	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	6	
Estadístico t	1,13	
P(T<=t) una cola	0,02	*
Valor crítico de t (una cola)	1,94	
P(T<=t) dos colas	0,30	
Valor crítico de t (dos colas)	2,45	

ANEXO S: ANÁLISIS DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO DE LAS AGUAS RESIDUALES EN LA CURTIDURÍA CRISTO DEL CONSUELO DE LA CIUDAD DE AMBATO, (López, 2019)

PARÁMETROS	MUESTRA INICIAL CARACTERIZADA	Limite TULSMA /Tabla 9	UNIDAD
pH	12.48	6 – 9	-
Conductividad	16.56	-	μS/cm
Turbiedad	1700	-	NTU
DQO	20 700	500	mg/L
DBO5	5800	250	mg/L
Solidos sedimentables	5	20	mL/L
Solidos totales	12.16	1600	g/L
Sulfuros	1024	1	mg/L
Sulfatos	1750	400	mg/L

Fuente: Laboratorio de análisis de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH

Realizado por: López, Cristina, 2019

Caracterización inicial del agua residual de “Curtido”

Determinación	MUESTRA INICIAL CARACTERIZADA	Limite TULSMA /Tabla 9	UNIDAD
pH	4.53	6 – 9	-
Conductividad	42.3	-	μS/cm
Turbiedad	10.06	-	NTU
DQO	32 300	500	mg/L
DBO5	17 400	250	mg/L
Solidos sedimentables	2	20	mL/L
Solidos totales	17.2	1600	g/L
Cromo hexavalente	0.045	0.5	mg/L
Cromo Total	103.47	-	mg/L

Fuente: Laboratorio de Servicios Ambientales (UNACH)

Laboratorio de análisis de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH

Realizado por: López, Cristina, 2019

ANEXO T: DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA TENERÍA NEOGRANADINA S.A. DE LA CIUDAD DE AMBATO (Armas, 2012)

PARÁMETRO	UNIDAD	ANTES DEL TRATAMIENTO	DESPUÉS DEL TRATAMIENTO	% REDUCCIÓN
pH	-	7,93	6,22	-
DQO	mg/L	1101	105	91
DBO ₅	mg/L	840	44	95
Sulfuros	mg/L	14,28	0,013	99,9
SST	mg/L	760	50	94
Fenoles	mg/L	1,58	0,02	99

ANEXO U: EVALUACIÓN ECONÓMICA DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA CURTIDURÍA SAN VICENTE DE LA CIUDAD DE AMBATO (Sánchez, 2019)

Químico	Característica	Caudal por tratar (L/mes)	Concentración media utilizada (mg/L)	Precio unitario	Cantidad (Kg/mes)	Costo (mes)
Tratamiento para agua de pelambre						
Sulfato de manganeso	MnSO ₄ 80%	16 000	4000	0,30	64	19,20
Tratamiento para agua de curtido						
Cal P-24	Ca(OH) ₂ 8,37%	16 000	4000	0,30	64	19,20
Policloruro de aluminio	Al ₂ O ₃ 30%	252 000	50	1,15	12,60	14,49
Floculador aniónico	Superfloc A 130	252 000	8	6,50	2,02	13,13
Subtotal						66,02
IVA (12%)						7,92
Total						73,94

ANEXO V: EVALUACIÓN ECONÓMICA (Tapia, 2006)

Detalle	T0	T1	T2	T3
Pieles ovinas	20,00	20,00	20,00	20,00
Tensoactivo	2,41	2,98	3,90	3,50
Cal (Ca(OH) ₂)	0,76	0,96	1,28	0,75
Cloruro de Sodio	0,26	0,28	0,26	0,26
Bisulfito de Sodio	0,12	0,15	0,19	0,11
Formiato de Sodio	0,23	0,23	0,33	0,25
Rindente	0,12	0,10	0,11	0,11
Acido Fórmico	2,50	2,00	1,70	1,80
Diesel	0,68	0,67	0,64	0,61
Cromo	3,06	3,36	2,57	2,53
Basificante	0,35	0,33	0,39	0,36
Humectante	0,06	0,06	0,06	0,04
Recurtiente fenólico	0,51	0,52	0,51	0,49
Recurtiente neutral	0,36	0,37	0,37	0,36
Dispersante	0,11	0,12	0,11	0,11
Quebracho	0,51	0,51	0,51	0,49
Anilina	3,04	3,03	3,10	3,05
Grasa Sulfitada	1,60	1,58	1,58	1,58
Grasa Sulfatada	0,66	0,64	0,66	0,66
Grasa Vegetal	0,67	0,66	0,66	0,65
Raspado	1,00	1,00	1,00	1,00
Análisis de Aguas	10,00	10,00	10,00	10,00
Análisis de Laboratotio	10,00	10,00	10,00	10,00
TOTAL EGRESOS:	59,01	59,55	59,93	58,71

INGRESOS

VENTA DE LANA	12,960	12,688	12,688	12,688
Total pieles por tratamiento	5,000	5,000	5,000	5,000
costo producción pie cuadrado	0,629	0,628	0,623	0,624
costo comercial pie cuadrado	0,800	0,800	0,800	0,800
superficie de cuero curtido pies cuadrados	62,000	63,000	66,000	62,000
venta de cueros	49,600	50,400	52,800	49,600
venta de raspado	8,500	8,900	9,200	8,995
TOTAL DE INGRESOS	71,060	71,988	74,688	71,283
BENEFICIO COSTO	1,20	1,21	1,25	1,21

Elaborado: Tapia J. (2006)

ANEXO W: EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE PELO EN EL PROCESO DE DEPILADO DE LA EMPRESA TENERÍA INCA (Gordillo, 2015)

CONCEPTO	Unid.	TIPOS DE PELAMBRE	
		Tradicional	Modificado
		T1	T2
EGRESOS			
Compra de pieles bovinas		4	4
Costo por banda bovina	\$	21	21
Valor de pieles bovinas	\$	84	84
Productos de remojo y pelambre	\$	4.4	3.68
Productos de curtido	\$	4.24	4.24
Alquiler maquinaria	\$	8.08	8.08
Productos para engrase	\$	19.24	19.24
Productos de acabado	\$	4	4
Total de costos de cueros	\$	123.96	123.24
Confección de artículos			
Billetera	\$	2,25	--
Bolso	\$	--	5
Total de egresos		126.21	128.24
INGRESOS			
Total de cuero producido	pies ²	96	100
Costo de cuero producido pie ²		1,29	1,23
Cuero utilizado en confección	pies ²	2	7
Excedente de cuero	pies ²	94	93
Venta de excedente de cuero		121.26	114.39
Venta de artículos confeccionados	\$	12	45
Total de ingreso de dólares	\$	133.26	159.39
Relación beneficio/costo		1,05	1,24