



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS PECUARIAS**

**“COMPARACIÓN DE DOS COMPUESTOS DE ALTO  
AGOTAMIENTO DE CROMO EN EL PROCESO DE CURTICIÓN  
DE PIELES OVINAS”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**  
**TIPO: TRABAJO EXPERIMENTAL**

**Presentado para optar al grado académico de**  
**INGENIERO EN INDUSTRIAS PECUARIAS**

**AUTOR: RAFAEL PAULO FLORES OROZCO**  
**DIRECTOR: Ing. LUIS EDUARDO HIDALGO ALMEIDA PhD**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2019**

## **DERECHOS DE AUTOR**

**© 2019, Rafael Paulo Flores Orozco**

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

# ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

## FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS

### CARRERA DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS PECUARIAS

El Tribunal del trabajo de titulación certifica que: el trabajo de investigación tipo experimental “COMPARACIÓN DE DOS COMPUESTOS DE ALTO AGOTAMIENTO DE CROMO EN EL PROCESO DE CURTICIÓN DE PIELES OVINAS”, de responsabilidad del señor RAFAEL PAULO FLORES OROZCO, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de titulación, quedando autorizada su presentación

**FIRMA**

**FECHA**

\_\_\_\_\_  
Ing. MC. Tatiana Elizabeth Sánchez Herrera

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Ing. Luis Eduardo Hidalgo Almeida. PhD.

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Ing. MC. Manuel Enrique Almeida Guzmán.

**ASESOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## **COMPARTIR DERECHOS**

Yo, RAFAEL PAULO FLORES OROZCO soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado que pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

Rafael Paulo Flores Orozco

## **DEDICATORIA**

A Dios por darme la inteligencia y sabiduría para lograr esta meta anhelada, a mis queridos padres Ángel Rafael Flores Esparza pilar fundamentales de mi vida, por haber forjado la persona que soy, me formaron con reglas, con libertades, a conseguir cada uno de mis logros con amor, trabajo, sacrificio y responsabilidad a mi madre María Elsa Orozco Mayacela quien me ilumina desde el cielo. Son la motivación constante para alcanzar mis sueños.

A mi enamorada Andreina Ivelice Reyes Cuenca quien ha sido mi fortaleza constante para alcanzar esta meta.

A mis docentes que estuvieron durante este camino impartíendome sus conocimientos,

Al Grupo 24 horas de Alcoholicos Anónimos gracias por ese apoyo desinteresado, amistad pura y grandes consejos, muchas gracias.

Rafael F.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por bendecirme la vida, por guiarme a lo largo de este trayecto, darme el amor infinito y la fortaleza necesaria en aquellos momentos de dificultad y debilidad.

A mi padre, por su amor incondicional, trabajo y sacrificio en todos estos años, y sobre todo por haber sabido inculcarme valores, principios, consejos que han sido de gran ayuda y apoyo en el trayecto de este camino.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por haberme permitido formar parte de su seno científico, y pertenecer a esta prestigiosa institución.

A la Facultad de Ciencias Pecuarias, en especial a la Carrera de Ingeniería en Industrias Pecuarias, que me permitió conocer personas maravillosas, amigos, maestros que supieron prepararme con sus conocimientos y enseñanzas para las dificultades de la vida. Me llevo un grato recuerdo de la calidad humana y profesional.

Rafael F.

## TABLA DE CONTENIDO

PORTADA.....	i
DERECHO DE COPYRIGHT.....	ii
HOJA DE CERTIFICACIÓN.....	iii
PÁGINA DE RESPONSABILIDAD COMPARTIR DERECHOS.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
TABLA DE CONTENIDO.....	vii
INDICE DE TABLAS.....	x
INDICE DE FIGURAS.....	xi
INDICE DE GRÁFICOS.....	xii
INDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT .....	xv
INTRODUCCIÓN.....	xvi

### CAPÍTULO I

1. MARCO TEORICO REFERENCIAL .....	18
1.1. Concepto de piel.....	18
1.2. Pieles ovinas.....	19
1.3. Curtición al cromo.....	20
1.3.1. <i>Análisis de los diferentes sistemas basificantes.....</i>	23
1.3.2. <i>Diferentes productos basificantes.....</i>	26
1.4. Posibilidades de reducir el contenido de cromo en las aguas residuales.....	27
1.4.1. <i>Métodos especiales de curtición al cromo, con agotamiento integral.....</i>	28
1.4.2. <i>Enmascaramiento (bloqueo) del sulfato.....</i>	29
1.4.3. <i>Curtientes de cromo autobasificantes.....</i>	30
1.4.4. <i>Influencia del piquelado.....</i>	31
1.4.5. <i>Influencia de la temperatura y duración del curtido.....</i>	31
1.4.6. <i>Cromo sin combinar procedente de curtición tradicional al cromo.....</i>	32
1.4.7. <i>Procedimiento con agotamiento integral del cromo.....</i>	33

<b>1.5.</b>	<b>Función de cromo trivalente en el proceso de curtido.....</b>	<b>35</b>
<b>1.6.</b>	<b>Productos utilizados para el agotamiento del cromo.....</b>	<b>36</b>
<i>1.6.1.</i>	<i>Glutaraldehído.....</i>	<i>36</i>
<i>1.6.2.1.</i>	<i>Aplicación del glutaraldehído.....</i>	<i>38</i>
<i>1.6.2.2.</i>	<i>Composición química del glutaraldehído.....</i>	<i>38</i>
<i>1.6.2.3.</i>	<i>Propiedades físicas del glutaraldehído.....</i>	<i>39</i>
<i>1.6.3.</i>	<i>Las resinas.....</i>	<i>41</i>

## **CAPITULO II**

<b>2.</b>	<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>43</b>
<b>2.1.</b>	<b>Localización y duración del experimento.....</b>	<b>43</b>
<b>2.2.</b>	<b>Unidades experimentales.....</b>	<b>44</b>
<b>2.3.</b>	<b>Materiales, equipos e instalaciones .....</b>	<b>44</b>
<i>2.3.1.</i>	<i>Materiales.....</i>	<i>44</i>
<i>2.3.2.</i>	<i>Equipos.....</i>	<i>44</i>
<i>2.3.3.</i>	<i>Productos químicos.....</i>	<i>45</i>
<b>2.4.</b>	<b>Tratamientos y diseño experimental.....</b>	<b>46</b>
<b>2.5.</b>	<b>Mediciones experimentales.....</b>	<b>46</b>
<i>2.5. 1.</i>	<i>Físicas.....</i>	<i>46</i>
<i>2.5.2.</i>	<i>Sensoriales.....</i>	<i>47</i>
<i>2.5.3.</i>	<i>Económicas.....</i>	<i>47</i>
<b>2.6.</b>	<b>Análisis estadísticos y pruebas de significancia.....</b>	<b>47</b>
<b>2.7.</b>	<b>Procedimiento experimental.....</b>	<b>48</b>
<i>2.7.1.</i>	<i>Remojo.....</i>	<i>48</i>
<i>2.7.2.</i>	<i>Pelambre y calero.....</i>	<i>48</i>
<i>2.7.3.</i>	<i>Desencalado y rendido.....</i>	<i>49</i>
<i>2.7.4.</i>	<i>Piquelado.....</i>	<i>49</i>
<i>2.7.5.</i>	<i>Precurtido.....</i>	<i>49</i>
<i>2.7.6.</i>	<i>Curtido y basificado.....</i>	<i>49</i>
<i>2.7.7.</i>	<i>Neutralizado y recurtido.....</i>	<i>50</i>
<i>2.7.8.</i>	<i>Tintura y engrase.....</i>	<i>50</i>
<i>2.7.9.</i>	<i>Aserrinado, ablandado y estacado.....</i>	<i>50</i>

<b>2.8.</b>	<b>Metodología y evaluación.....</b>	<b>51</b>
2.8.1.1.	<i>Resistencia a la tensión.....</i>	51
2.8.1.2.	<i>Porcentaje de elongación.....</i>	55
2.8.1.3.	<i>Lastometría.....</i>	56
2.8.2.	<i>Análisis sensorial.....</i>	58
2.8.2.1.	<i>Blandura.....</i>	58
2.8.2.2.	<i>Grano de flor.....</i>	58
2.8.2.3.	<i>Tacto.....</i>	58

### **CAPITULO III**

<b>3.</b>	<b>MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIONES.....</b>	<b>60</b>
<b>3.1.</b>	<b>Evaluación de las resistencias físicas de las pieles ovinas curtidas con diferentes productos para obtener un alto agotamiento del cromo.....</b>	<b>60</b>
3.1.1.	<i>Resistencia a la tensión.....</i>	60
3.1.2.	<i>Porcentaje de elongación.....</i>	62
3.1.3.	<i>Lastometría.....</i>	64
<b>3.2.</b>	<b>Evaluación de las calificaciones sensoriales de las pieles ovinas curtidas con diferentes productos para obtener un alto agotamiento del cromo.....</b>	<b>66</b>
3.2.1.	<i>Blandura.....</i>	66
3.2.2.	<i>Grano de flor.....</i>	68
3.2.3.	<i>Tacto.....</i>	69
<b>3.3.</b>	<b>Evaluación económica.....</b>	<b>71</b>
<b>4.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>73</b>
<b>5.</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>74</b>

<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>75</b>
---------------------	-----------

<b>ANEXOS</b>	<b>82</b>
---------------	-----------

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b>	Descripción Del Proceso De Basificado Con Alto Agotamiento De Cromo. ....	25
<b>Tabla 2-1:</b>	Concentración De Cromo En Diferentes Etapas Del Proceso De Curtido. ....	27
<b>Tabla 3-1:</b>	Esquema De Trabajo De Una Curticion Con Alto Agotamiento Del Baño .....	33
<b>Tabla 4-1:</b>	Métodos Para Mejorar El Agotamiento Del Cromo. ....	34
<b>Tabla 5-1:</b>	Propiedades Físicas Del Glutaraldehído.....	39
<b>Tabla 6-2:</b>	Condiciones Meteorológicas Del Cantón Riobamba.....	43
<b>Tabla 7-2:</b>	Esquema Del Experimento .....	46
<b>Tabla 8-2:</b>	Esquema Del Adeva .....	48
<b>Tabla 9-2:</b>	Referencia De Las Norma Iup 6, Para Determinar La Resistencia A La Tensión...	53
<b>Tabla 10-3</b>	Evaluación De Las Resistencias Físicas De Las Pieles Ovinas Curtidas Con Diferentes Productos Para Obtener Un Alto Agotamiento Del Cromo. ....	60
<b>Tabla 11-3</b>	Evaluación De Las Calificaciones Sensoriales De Las Pieles Ovinas Curtidas Con Diferentes Productos Para Obtener Un Alto Agotamiento Del Cromo. ....	67
<b>Tabla 12-3</b>	Evaluación Económica De Los Cueros Curtidos Con Diferentes Productos, Para Obtener Un Alto Agotamiento Del Cromo. ....	72

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1:</b>	La piel.....	19
<b>Figura 2-1:</b>	Duración del cromo en el baño de curtido.....	23
<b>Figura 3-2:</b>	Corte de la probeta de cuero.....	52
<b>Figura 4-2:</b>	Troquel para realizar el corte de la probeta para el análisis de la tensión.....	52
<b>Figura 5-2:</b>	Equipo para realizar la medición de la resistencia a la tensión.....	53
<b>Figura 6-2:</b>	Medición de la longitud inicial del cuero.....	54
<b>Figura 7-2:</b>	Colocación de la probeta de cuero entre las mordazas tensoras.....	54
<b>Figura 8-2:</b>	Encendido del equipo.....	55
<b>Figura 9-2:</b>	Puesta en marcha del prototipo para medir la resistencia a la tensión del cuero.....	55
<b>Figura 10-2:</b>	Ilustración del equipo para medir la lastometría del cuero.....	56

## INDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-1:</b>	Curvas de pH de diferentes productos de uso común en el mercado.....	24
<b>Gráfico 2-1:</b>	Comportamiento de una magnesita de reactividad media .....	25
<b>Gráfico 3-3:</b>	Resistencia a la tensión de las pieles ovinas curtidas con diferentes productos (resinas catiónicas y glutaraldehído), para obtener un alto agotamiento del cromo, en comparación de un tratamiento testigo (cromo).....	61
<b>Gráfico 4-3:</b>	Porcentaje de elongación de las pieles ovinas curtidas con diferentes productos (resinas catiónicas y glutaraldehído), para obtener un alto agotamiento del cromo, en comparación de un tratamiento testigo (cromo).....	63
<b>Gráfico 5-3:</b>	Lastimetría de las pieles ovinas curtidas con diferentes productos (resinas catiónicas y glutaraldehído), para obtener un alto agotamiento del cromo, en comparación de un tratamiento testigo (cromo).....	65
<b>Gráfico 6-3:</b>	Blandura de las pieles ovinas curtidas con diferentes productos (resinas catiónicas y glutaraldehído), para obtener un alto agotamiento del cromo, en comparación de un tratamiento testigo (cromo).....	67
<b>Gráfico 7-3:</b>	Grano de flor de las pieles ovinas curtidas con diferentes productos (resinas catiónicas y glutaraldehído), para obtener un alto agotamiento del cromo, en comparación de un tratamiento testigo (cromo).....	69
<b>Gráfico 8-3:</b>	Tacto de las pieles ovinas curtidas con diferentes productos (resinas catiónicas y glutaraldehído), para obtener un alto agotamiento del cromo, en comparación de un tratamiento testigo (cromo).....	70

## INDICE DE ANEXOS

- ANEXO A.** Receta del proceso de ribera, pelambre de cueros ovino para la obtención de vestimenta utilizando *chromo*.
- ANEXO B.** Receta del proceso de ribera, pelambre de cueros ovino para la obtención de vestimenta utilizando *glutaraldehído*.
- ANEXO C.** Receta del proceso de recurtido pelambre de cueros ovino para la obtención de vestimenta utilizando *glutaraldehído*.
- ANEXO D.** Receta del proceso de ribera, pelambre de cueros ovino para la obtención de vestimenta utilizando *resina acrílica catiónica*.
- ANEXO E.** Resistencia a la tensión de las pieles ovinas curtidas con diferentes productos (resinas catiónicas y *glutaraldehído*), para obtener un alto agotamiento del *chromo*, en comparación de un tratamiento testigo (*chromo*).
- ANEXO F.** Porcentaje de elongación de las pieles ovinas curtidas con diferentes productos (resinas catiónicas y *glutaraldehído*), para obtener un alto agotamiento del *chromo*, en comparación de un tratamiento testigo (*chromo*).
- ANEXO G.** Lastometría de las pieles ovinas curtidas con diferentes productos (resinas catiónicas y *glutaraldehído*), para obtener un alto agotamiento del *chromo*, en comparación de un tratamiento testigo (*chromo*).
- ANEXO H.** Blandura de las pieles ovinas curtidas con diferentes productos (resinas catiónicas y *glutaraldehído*), para obtener un alto agotamiento del *chromo*, en comparación de un tratamiento testigo (*chromo*).
- ANEXO I.** Grano de flor de las pieles ovinas curtidas con diferentes productos (resinas catiónicas y *glutaraldehído*), para obtener un alto agotamiento del *chromo*, en comparación de un tratamiento testigo (*chromo*).
- ANEXO J.** Tacto de las pieles ovinas curtidas con diferentes productos (resinas catiónicas y *glutaraldehído*), para obtener un alto agotamiento del *chromo*, en comparación de un tratamiento testigo (*chromo*).
- ANEXO K.** Prueba de Kruskal Wallis para las calificaciones sensoriales de las pieles ovinas curtidas con diferentes productos (resinas catiónicas y *glutaraldehído*), para obtener un alto agotamiento del *chromo*, en comparación de un tratamiento testigo (*chromo*).
- ANEXO L.** Evidencia de las pruebas de agua en el alto agotamiento de *chromo*.

## RESUMEN

En el Laboratorio de Curtiembre de la Facultad de Ciencias Pecuarias de Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, provincia de Chimborazo, se realizó la comparación de dos compuestos de alto agotamiento de cromo en el proceso de curtición de pieles ovinas (*Ovis aries*) de animales adultos, y se evaluó las resistencias físicas (Lastometría, Tensión y Elongación) así como también la evaluación sensorial (Blandura, Grano de flor, Tacto). Se utilizó 24 pieles ovinas de animales adultos distribuidas en ocho repeticiones con una unidad experimental de un cuero ovino. Los análisis fueron realizados en el laboratorio de curtición de pieles. Distribuida bajo un Diseño Completamente al Azar Simple. Los resultados, fueron estudiados mediante el análisis de varianza comparación de medias, regresión y correlación múltiple para la evaluación de las resistencias físicas y el análisis de Krukall Wallis para las calificaciones sensoriales. Los resultados indican que al utilizar glutaraldehído alcanza los valores más elevados de resistencia a la tensión (1741,16 N/ cm<sup>2</sup>), porcentaje de elongación (93,44 %) y lastometría (9,53 mm). La valoración sensorial identificó una mayor aceptación por parte del juez al utilizar glutaraldehído, alcanzando una calificación de excelente para blandura (5 puntos) para grano de flor (4,5 puntos) para tacto (5 puntos). Al realizar la evaluación económica, se obtuvo una mayor relación beneficio costo al utilizar glutaraldehído y que fue de 1,35; es decir que, por cada dólar invertido se espera una ganancia de 35 centavos. Recomendamos utilizar glutaraldehído para mejorar el aspecto físico y conseguir mayores resistencias físicas. Evaluar la concentración adecuada de glutaraldehído para conseguir el total agotamiento del cromo en el baño de curtido de las pieles. Por último, es necesario difundir los resultados alcanzados en la investigación para evitar la deposición de residuos altos en cromo que deterioran el medio ambiente.

## PALABRAS CLAVE

<COMPARACION DE DOS COMPUESTOS ><OVINOS (*Ovis aries*) ><ALTO AGOTAMIENTO > <RESISTENCIA A LA TENSION ><LABORATORIO DE CURTICION DE PIELES> <ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO><RIOBAMBA (CIUDAD)> <CHIMBORAZO (PROVINCIA)>

## ABSTRACT

In the tannery laboratory of the Faculty of livestock sciences of the Escuela Superior Politecnica of Chimborazo, Chimborazo province, the comparison of two compounds of high depletion of chromium in the tanning process of ovine skins (*Ovis aries*) of adult animals was carried out, and the physical resistances (Lastometria, Tension, and Elongation), as well as the sensory evaluation (Soft, Flower grain, Touch). We used 24 ovine skins of adult animals distributed in 8 repetitions with an experimental unit of an ovine leather. The analyzes were performed in the leather tanning laboratory. Distributed under a Completely Simple Random design. The results were studied through the analysis of variance, comparison of means, regression and multiple correlations for the evaluation of physical resistances and the analysis of Krudall Wallis for sensory ratings. The results indicate that when using glutaraldehyde, it reaches the highest values of tensile strength (1741.16 N / cm<sup>2</sup>), elongation percentage (93.44%) and lastometria (9.53 mm). The sensory evaluation identified a greater acceptance by the judge when using glutaraldehyde, reaching an excellent rating for softness (5 points) for a grain of flower (4.5 points) for touch (5 points). When carrying out the economic evaluation, a greater benefit-cost ratio was obtained when using glutaraldehyde, which was 1.35, meaning that for every dollar invested a gain of 0.35 cents is expected. We recommend using glutaraldehyde to improve physical appearance and achieve greater physical resistances. Evaluate the adequate concentration of glutaraldehyde to achieve total depletion of chromium in the leather tanning bath. Finally, it is necessary to spread the results achieved in the research to avoid deposition of high chromium residues that will deteriorate the environment.

**Keywords:** <COMPARISON OF TWO COMPOUNDS> <OVINES (OVIS ARIES)> <HIGH DEPLETION> <TENSILE STRENGTH> <SKIN TANNING LABORATORY> < ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA OF CHIMBORAZO > <RIOBAMBA (CITY)> <CHIMBORAZO (PROVINCE)>.

## INTRODUCCIÓN

La industria del curtido de pieles es una actividad estrechamente ligada a dos importantes sectores productivos del país, la industria del calzado que constituye su principal proveedor de materia prima y el faenamiento de animales, ya que es un importante cliente para su subproducto cuero. En los últimos años, la producción del rubro ha disminuido debido a la menor actividad que ha venido presentando la industria del calzado en el país, como consecuencia de la fuerte competencia externa. Esta producción se concentra mayoritariamente en las provincias de Cotopaxi y Tungurahua, donde se ubican alrededor del 50% de las curtiembres del país. Una de las principales preocupaciones relacionada con el procesamiento de las pieles es el uso de técnicas de producción que disminuyan la contaminación residual. En el procesamiento de pieles saladas sólo el 50% de la piel es transformada en cuero; el resto es eliminado bajo forma de desecho sólido o como efluente en solución. (Enciso, 2011, p.9).

La dificultad que presenta el uso de sales de cromo en el curtido es la gran cantidad de curtiente que no se fija y que permanece en los reflujos y en el barro de depuración, lo cual impide la utilización de los materiales residuales en la agricultura. Las determinaciones realizadas en diversas curtiembres en el Ecuador indican que la concentración de cromo en los baños residuales de curtido es relativamente constante, oscilando entre 6 y 7 g/l. Existen distintas alternativas posibles para tratar el problema del cromo en los efluentes: la sustitución parcial o total por otros elementos curtientes; la disminución de la concentración residual de cromo mediante procesos que aumenten la fijación de cromo en el cuero, y la reutilización del cromo contenido en los baños agotados, (Frankel, 2016, p.16).

Conjuntamente con la implantación por parte de las curtiembres de nuevos procesos tecnológicos que disminuyan la concentración de cromo de los efluentes, haciendo más eficiente la fijación del cromo en la piel (procesos de alto agotamiento), es necesario encarar la eliminación de la carga contaminante residual para alcanzar los valores exigidos por la legislación nacional. La tendencia mundial actual se orienta a la utilización de productos de origen natural como las pieles de ovinos las cuales presentan una amplia ventaja en duración y calidad ante los productos de origen sintético, (Bacardit, 2004, p.49).

La industria de producción de cueros tiene un enorme impacto ambiental, dadas las características de los efluentes que elimina; ello determina que se hicieran esfuerzos para el desarrollo en el área de los insumos químicos, para responder por productos menos agresivos. Si asumimos la importancia de elevar la competitividad con éxito como país frente a la globalización del comercio mundial, es urgente emprender en trabajos de investigación científica y desarrollo de nuevas tecnologías locales ecológicamente sustentables, económicamente factibles y socialmente aplicables, (Enciso, 2011, p.14).

La presente investigación tiene como objetivo optimizar el proceso de curtido, utilizando el alto agotamiento de los baños de cromo que tiene doble finalidad, la primera es recuperar la mayor cantidad de cromo que se desprende a los residuos líquidos industriales elevando su contenido contaminante y la segunda es efectivizar económicamente a la empresa al realizar el ahorro de cromo y sobre todo el cuidado del medio, para evitar daños ambientales que muchas veces son irreversibles y ocasiona problemas inclusive legales y el cierre de la empresa.

## **OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **Objetivo general**

Comparar dos compuestos de alto agotamiento de cromo en el proceso de curtición de pieles ovinas.

### **Objetivos específicos**

- Realizar el control de calidad de las características físicas del cuero para vestimenta aplicando diferentes productos para conseguir el agotamiento alto del cromo.
- Efectuar las calificaciones sensoriales del cuero para vestimenta aplicando diferentes productos para conseguir el agotamiento alto del cromo.
- Calcular los costos de producción y su indicador beneficio/costo

## CAPITULO I

### 1.1 MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

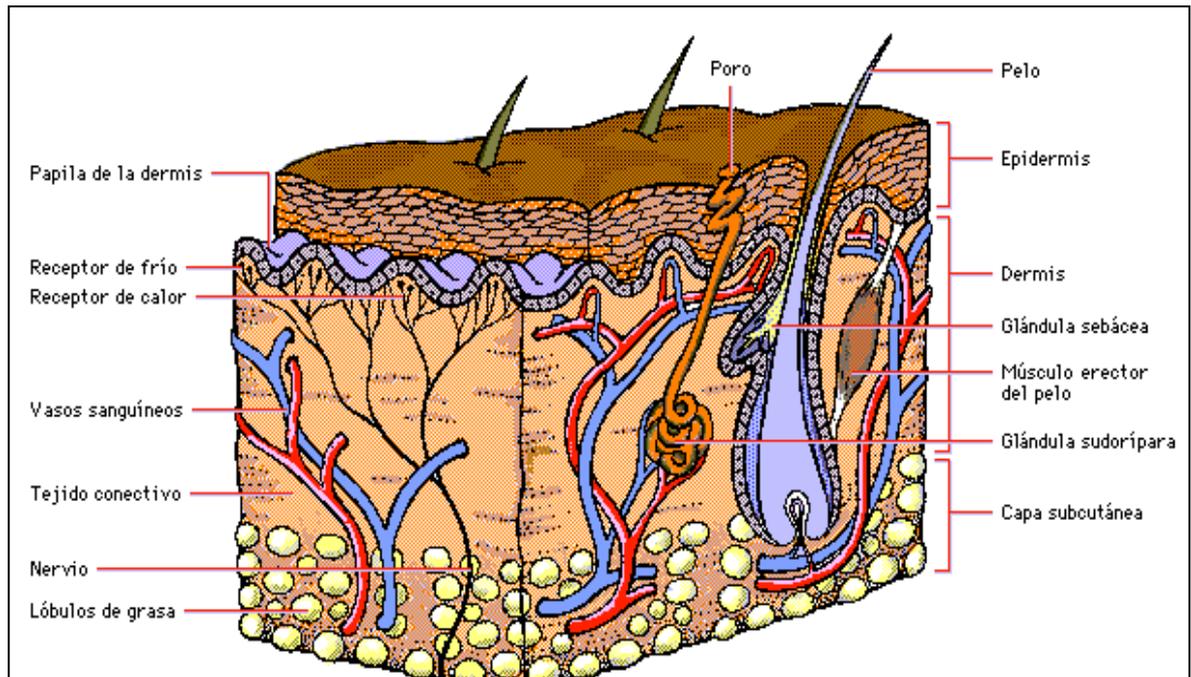
#### 1.1. Concepto de piel

La piel, del latín *pellis*, es señalado como el órgano más grande en los animales y en los seres humanos. Se trata de un tegumento que, en el caso de los organismos con vértebras, se compone de una capa exterior (denominada epidermis) y de otra interior (que recibe el nombre de dermis). Es una estructura externa de los animales, es una sustancia heterogénea, generalmente cubierta con pelos o lana y formada por numerosas capas superpuestas. La piel responde a los diferentes cambios fisiológicos y reflejos, características importantes como edad, sexo, dieta, medio ambiente y estado de salud, (Estocolmo, 2012, p.5).

Desde el punto de vista estructural, a la piel se la define como un órgano constituido por tres capas que son: la epidermis, la dermis y la hipodermis, en las tres capas intervienen los tejidos: epitelial, conjuntivo, muscular y nervioso. Toda la epidermis es un epitelio especializado sumamente complejo, mientras que la dermis e hipodermis están constituidas por tejido conjuntivo. La piel tiene 3 tejidos o capas, la primera es la capa externa o llamada epidermis, la segunda es la capa interna o llamada dermis y la tercera es el estrato subcutáneo que es una capa de grasa que sirve de protección y para evitar las pérdidas de calor, es un complejo sistema de tejidos superpuestos en estratos que sirve a todos los animales para protegerlos de las condiciones medioambientales, (Adzet,2005, p. 12.)

En los mamíferos es especialmente gruesa, sobre todo en animales en los que tiene que cubrir grandes masas musculares como ocurre con cetáceos, elefantes, o rinocerontes, (Artigas, 2007, p.8 ). las funciones principales de la piel son:

- Proteger al organismo de las lesiones de origen externo
- Recibir estímulos ambientales
- Excretar sustancias de desecho
- Tomar parte en los mecanismos de termorregulación e intercambio hídrico, en la Figura 1-1, se ilustra la piel con sus respectivas zonas.



**Figura 1-1:** La piel  
Fuente: (Artigas, 2007)

## 1.2. Piel ovina

A diferencia de lo que sucede con el ganado bovino, la mayoría de las razas ovinas se crían principalmente por su lana o para la obtención de carne como de lana, siendo menos las razas exclusivamente para carne. Las pieles ovinas de más calidad las proporcionan aquellas razas cuya lana es de escaso valor. Los animales jóvenes son los que surten a la industria de las mejores pieles, de los animales viejos solamente se obtienen cueros de regular calidad. El destino de estas pieles, cuyo volumen de faena las hace muy interesantes, son generalmente la fabricación de guantes, zapatos, bolsos.

Dado que la oveja está protegida fundamentalmente por la lana, la función primordial de la piel consiste en coadyuvar al crecimiento de las fibras. En general se puede decir que la piel de los ovinos es fina, flexible, extensible y de un color rosado, aunque es normal la pigmentación oscura de determinadas razas, (Bacardit, 2004, p.89).

En las razas productoras de lanas finas, como la merino la piel es más delgada y con mayor número de folículos y glándulas, tanto sudoríparas como sebáceas, que en las razas carniceras. Otra característica distinta se encuentra en los merinos, en los cuales la piel forma pliegues o

arrugas en el cuello, denominados corbatas o delantales, y en algunos se encuentran estas arrugas en parte o en la totalidad de la superficie corporal, (Boccone, 2017, p.6).

- Los folículos son invaginaciones de la piel en las cuales se originan las hebras pilosas y lanosas. En el interior se encuentra la raíz de la hebra con el bulbo pilífero que rodea a la papila que lo nutre y que origina el crecimiento de las fibras de la piel.
- Las secreciones sudoríparas tienen forma de tubos y desembocan en un poro de la piel por medio de un conducto excretor. Las glándulas sebáceas aparecen como racimos cuyo conducto excretor se abre en la parte interior y superior del folículo, poco antes de que la fibra aparezca en la superficie de la piel.
- Las secreciones glandulares de la piel se unen originando la grasa de la lana, también llamada suarda, que la lubrica y protege de los agentes exteriores. La fibra de lana consta a su vez, de dos partes: una interna o raíz incluida en el interior del folículo y otra externa, libre, que constituye la fibra de lana propiamente dicha. A simple vista, la fibra de lana presenta una forma cilíndrica de sección circular u ovalada y con punta solamente en los corderos, pues la lana de animales esquilados continúa su crecimiento sin punta.

### **1.3. Curtición al cromo**

En el proceso de curtición tradicional, empleado en más del 90% de las pieles curtidas en el mundo, se emplean sales de cromo trivalente como agente curtiente, obteniéndose pieles con excelentes propiedades físicas y una gran estabilidad al almacenamiento y al conformado de productos. Sin embargo, en algunos casos pueden plantearse alergias al cromo y, en parte por este motivo, existe en el mercado una creciente demanda de pieles curtidas libres de cromo, (Bursch, 2015, p.67).

Desde que Knapp en 1858 descubrió el uso del cromo como material curtiente, se han editado numerosas publicaciones intentando explicar la química y tecnología de la curtición al cromo, la mayoría de estas publicaciones están vinculadas con la mejora de la fijación del cromo sobre el colágeno de la piel. El proceso de curtición puede describirse tanto como un fenómeno químico (reacción entre los diversos componentes), como físico (difusión de los mismos hacia el interior de la piel). Si el técnico curtidor introduce cualquier variación en los parámetros físicos o químicos del proceso de curtición, puede variar la eficiencia de la misma, no sólo en la relación cromo fijado/cromo total sino en las características del cuero obtenido, (Vallejo, 2004, p.76).

El curtido de pieles con sales de cromo representa el 80 % de la producción total de cueros en el mundo y presenta múltiples ventajas que difícilmente modifique su liderazgo en un futuro inmediato. Sólo en el ámbito del cuero para tapicería automotriz, tapicería de muebles y/o algunas vestimentas y cueros medicinales hacen que diferentes fábricas o curtiembres fabriquen artículos libres de cromo (Andrade, 2006). Las ventajas que representa este método de curtición se pueden enumerar como:

- Muy buen nivel de calidad constante y uniforme
- Producción racional
- Acabado económicamente ventajoso

Esta singular performance del curtido con sales de cromo, es un excelente motivo para seguir trabajando en el problema ecológico que esto representa, es decir la carga de aguas residuales debido a su elevado tenor de cromo y desarrollar todas las posibilidades tecnológicas existentes para reducirlo a valores aceptados por la normativa ambiental del lugar. En el pasado, al realizar un curtido clásico, sólo se podían aprovechar aproximadamente 60-80 % del curtiembre ofrecido. Los factores a controlar y que una vez controlados mejoran el agotamiento, se conocen desde la década del sesenta, a través de la ecuación empírica de Wiegand, (Artigas, 2007, p.54).

$$Ecuacion\ empírica\ de\ Widman = \int_{A1}^{A2} \frac{dA}{a} \approx 0,39 \lg \frac{t2}{t1} + 1,1 \lg \frac{f1}{f2} + 0,7 \lg \frac{B2}{B1} + 0,02 \Delta T == A \alpha \frac{1}{F}$$

Donde

A = Agotamiento

T = Tiempo de curtido

F = Baño

B = Basicidad

T = Temperatura

(Bermeo,2006), esta ecuación confirma que el agotamiento del baño se puede mejorar mediante el ajuste de los siguientes factores:

- Aumento del tiempo de rotación
- Control y/o reducción de la relación de baño

- Incremento de la basicidad (valor pH)
- Incremento de la temperatura.

A través de esta fórmula podemos calcular modificaciones de los factores o parámetros para alcanzar una cierta mejora en el agotamiento de los baños de cromo. Las condiciones de validez de lo anterior sólo son aplicables al proceso de curtido cromo clásico, (Bodero, 2017). En la práctica, las condiciones básicas para el cumplimiento del modelo anterior son difíciles de mantenerse, Utilizando el modelo físico-matemático anterior, se puede calcular que:

- En un baño de 70 %
- Una temperatura final de curtido de 40° c
- Un tiempo de 40 horas
- Se obtiene un agotamiento del 98%

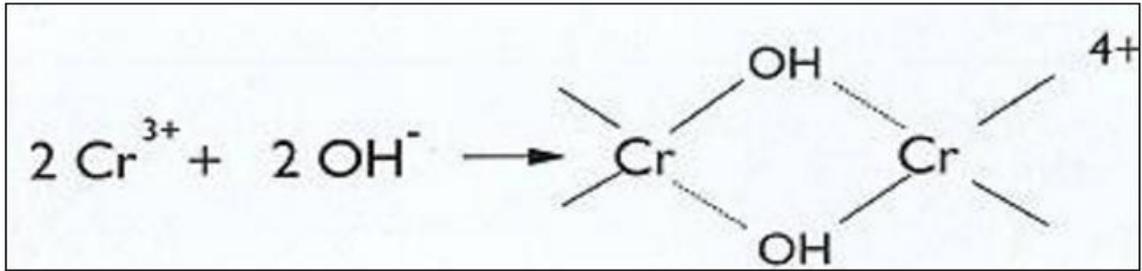
Para lograr las condiciones ideales para un proceso de curtido, se deben mantener todos los otros parámetros regulados en forma absoluta, (Fontalvo, 2009). Por ejemplo, para obtener:

- La reducción del baño
- La regulación de la temperatura.

Se requieren las correspondientes técnicas:

- Regulación de la velocidad del fulón
- Control automático de temperatura y otros que a veces no es posible encontrar en cualquier empresa

Un aumento de la basicidad sólo es posible en forma limitada. Así, que una basicidad del curtiente al cromo de más del 50 % donde la astringencia del curtiente es relativamente elevada, para agotar totalmente, esto imposibilita prácticamente la difusión, y el curtiente se precipita sobre la superficie del cuero. La causa para esto es la formación de grandes complejos de cromo, todo lo anterior transcurre a pH elevados, para producir la disociación del cromo en el baño de curtido, (Gratacos, 2013, p.53), que se ilustra en la figura 2-1.



**Figura 2-1:** Disociación del cromo en el baño de curtido.  
Fuente, (Gratacos,2013, p.86)

Para una distribución lo suficientemente pareja del cromo en el corte del cuero se requiere: curtir dentro de los valores de pH bajos hasta lograr una total penetración a través del corte transversal de la piel. Recién entonces se puede aumentar la basicidad elevando el pH. Si deseamos alcanzar una distribución pareja del cromo en el corte del cuero se requiere, primero curtir a valores de pH bajos hasta lograr una total penetración a través del corte transversal de la piel. Entonces, luego recién de esta penetración, se puede aumentar la basicidad elevando el Ph, (Lacerca M, 2003, p.15).

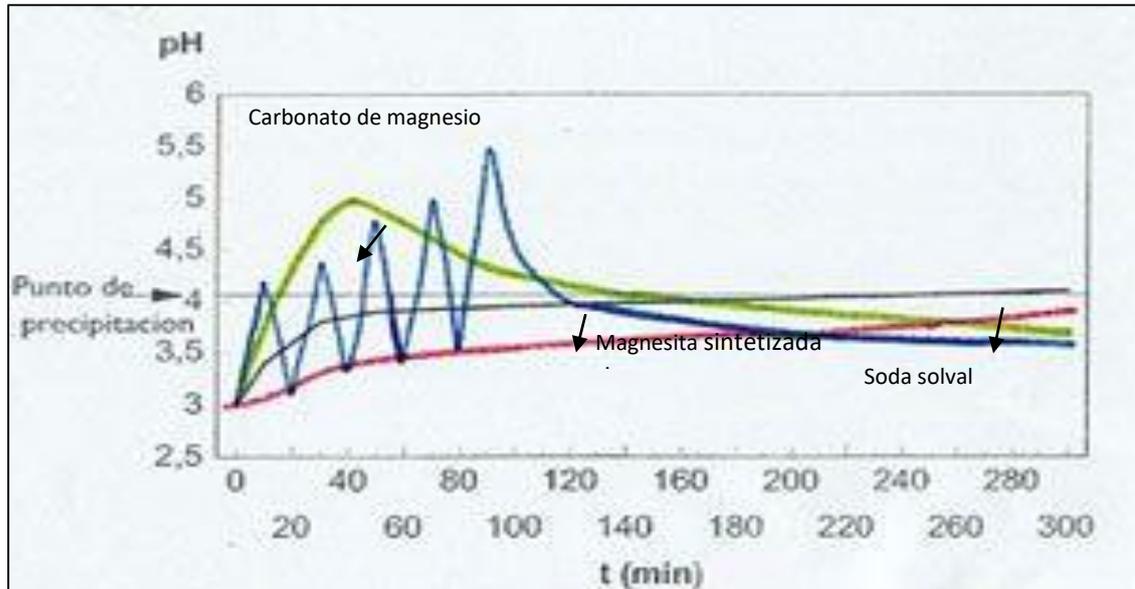
### 1.3.1 *Análisis de los diferentes sistemas basificantes*

La elevación del pH debe regularse a través de los productos de basificación de tal manera que desplace lentamente desde un pH ácido al valor final deseado. Los productos convencionalmente utilizados en la práctica se comportan en este aspecto en forma muy diferente. La línea de color azul representa la evolución del pH del baño usando el basificante más difundido, como es la soda Solvay, la reacción del sistema al agregado de este producto es inmediata y se produce la modificación rápida del pH, (Churata, 2018, p.56).

Además, se aprecia saltos de pH, que continuamente exponen al sistema al riesgo de la precipitación de hidróxido de cromo, cuando se alcanza el pH de 4,2, y vuelve a disolverse al promediar el proceso de difusión del ácido (residual del piquelado) a través de la piel. La precaución en este caso es cuidar que el pH final no sea tan elevado, que limite el poder de disolución de los ácidos residuales respecto al hidróxido formado. De no mediar los cuidados anteriores, se tendría la formación de manchas verdes en la superficie del cuero, (Cotance,2004, p.16).

El pH final máximo esperable es del orden de 3,6 y como consecuencia directa el agotamiento logrado es relativamente bajo. Si se utiliza óxido de magnesio, la curva de pH señala una variación más moderada y favorable. En el gráfico 1, la curva verde representa la variación de pH generada por una magnesita (carbonato de magnesio), poco quemada y aún muy reactiva.

También aquí se presenta un pH máximo, pudiendo en este caso realizar el agregado del producto, de una sola vez. Igualmente, que en el caso de la soda Solvay también aquí se debería procurarse un pH final relativamente bajo, así como también el agotamiento está muy lejos de ser el óptimo. La curva roja muestra un desarrollo del pH de una magnesita sinterizada, (Adzet,2005, p.45).

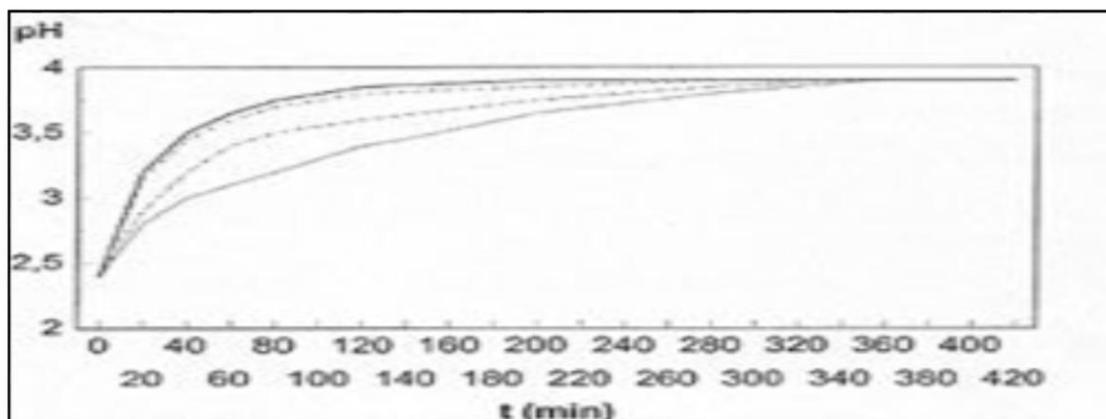


**Gráfico 1-1:** Curvas de pH de diferentes productos de uso común en el mercado.

Fuente, (Adzet, 2005, p.65).

El sintetizado es la principal operación de la metalurgia de polvos. En realidad, este proceso, es el calentamiento de polvo de metales, arcillas y tierras similares, a una temperatura bastante por debajo del punto de fusión; tratamiento que provoca el reblandecimiento y aglomeración de las partículas para formar un producto microporoso que puede ser prensado o molde en la forma deseada. El aumento del pH y la reactividad, son relativamente bajos, lo que genera como consecuencia, que los tiempos de curtidos asociados a procesos clásicos, no son suficientes en la práctica para garantizar una reacción completa del agente basificante, (Bacardit,2004, p.54).

Luego cuando se descargan los cueros y se apilan en pilas sobre tarimas, también pueden formarse manchas de cromo o por lo menos generar variaciones de la calidad al Wet Blue, debido a que el valor del pH sigue modificándose en alza. En este sentido, la experiencia muestra que los engrases agregados durante el piquelado y en el curtido contribuyen frenando la subida del pH. En el gráfico 2-1, se observa que la curva de color rojo, que representa el comportamiento de una magnesita de reactividad media, ofrece una variación ideal del pH en el curtido al cromo. En ningún momento se alcanza un máximo en el pH. La curva se encuentra siempre por debajo del punto de precipitación del cromo, (Bodero,2017, p.92).



**Gráfico 2-1:** Comportamiento de una magnesita de reactividad media

Fuente: (Bacardit, A, 2005, p.42)

El tiempo que tarda el sistema en llegar a una reacción completa, está en del orden de 6 a 8 horas, razón por la cual es posible alcanzar un pH relativamente alto, que permite lograr un buen agotamiento del cromo. Al utilizar la magnesita de reactividad media es posible una basificación especialmente segura. A continuación, en la tabla 1-1, se indica una propuesta de proceso de curtido, donde se aplican un producto basificante de esta naturaleza, con los respectivos datos de análisis, (Dellman,2009, p.98).

Aplicando este tipo de basificante se logra un agotamiento excelente del orden de 93 %. La descripción del proceso considera que el tipo de cuero es un cuero dividido en tripa, con un curtido en base a sales de cromo (sulfato básico de cromo 33 ° Sh), (Frankel,2009, p.76).

**Tabla 1-1:** Descripción del proceso de basificado con alto agotamiento de cromo.

Proceso	Productos y tiempo
Piquelado	50 % agua, 28 ° C
	% sal (cloruro de sodio) , 6 ° Bé.
	% ácido fórmico
	% ácido sulfúrico
	Tiempo de marcha 2 h.
	pH = 3.0
Curtido	5,5 % de Sulfato básico de cromo, 60 min.
	0,5 % de Magnesita de reactividad media
	tiempo de marcha 12 horas
	pH aprox. 3,9; temperatura 40 ° C
Concentración de cromo/baño aprox. 1500 mg/l Cr = 93 %.	
Concentración de cromo/cuero aprox. 3,9 %	

Fuente: (Frankel, 2009, p.118).

### 1.3.2 *Diferentes productos basificantes*

Existen en el mercado productos que contienen como medios de basificación algún tipo de dolomita  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ . Como se observa de la fórmula estructural, las dolomitas presentan sales dobles de carbonato de magnesio y carbonato de calcio. Si consideramos el proceso de curtido, el carbonato de calcio formará sulfato de calcio (yeso) difícilmente soluble, el cual precipita sobre la superficie del cuero y esto proyectado a los sucesivos procesos, teñido, hidrofugación y otros, podría llevar a graves problemas, (Gansser,2006, p.127).

Los cueros Wet-blue con gran cantidad de calcio, puedan dar lugar a cueros armados, que necesitan una gran cantidad de productos engrasantes, generando el riesgo de obtener una piel suelta, teñidos de difícil penetración y con manchas, (Bermeo,2006). También por la misma causa (exceso de calcio) se pueden verificar entre otras observaciones organolépticas:

- Aspereza de flor.
- Dificultad de penetración de los curtientes, pudiendo causar áreas de curtido muerto, principalmente en el caso de curtido vegetal.
- Actualmente se han impuesto los ácidos dicarboxílicos puesto que tienen una muy alta eficacia son de fácil manejo, lograda calidad del artículo final (cuero) y también un precio muy competitivo

Desde el punto de vista químico los ácidos dicarboxílicos los grupos carboxílicos terminales existentes, implican una bifunción que permite explicar la unión en sus dos extremos con el catión cromo ( $\text{Cr}^{+3}$ ). Esto tiene como consecuencia la formación de un complejo estable, dando lugar a una reticulación, (Font,2005, p. 65). de esta se obtiene:

- Un aumento del tamaño de la molécula curtiente de cromo, lo que la hace más astringentes, es decir que se unen mucho mejor a la fibra (a curtir) y pueden provocar una mejor reticulación de las moléculas colagénicas.
- Como todos los ácidos orgánicos, los dicarboxílicos funcionan como enmascarantes (forman complejos de alta estabilidad), de forma tal que para precipitar el hidróxido de cromo se requiere un pH mayor, y por esto es posible en este caso desarrollar un curtido a pH más elevados.

El efecto final obtenido (en cuanto al agotamiento del baño), depende mucho del ácido orgánico elegido. La mayoría de los ácidos orgánicos tienen una influencia negativa sobre el nivel de agotamiento, (Graves,2017, p.125). Productos como:

- Ácido fumárico
- Ácido ftálico
- Ácido glutárico
- Ácido succínico
- ácido adípico (el que tiene las propiedades más favorables)

En la tabla 2-1, se describe la concentración de cromo en diferentes etapas del proceso de curtido de las pieles.

**Tabla 2-1 :** Concentración de cromo en diferentes etapas del proceso de curtido.

<b>Tipo de Baño</b>	<b>Clásico</b>	<b>Alto agotamiento</b>
De curtido	3000 mg/l	500 mg/l
Líquido		
De curtido	2000 mg/l	300 mg/l
Lavado 1	1000 mg/l	150 mg/l
Neutralización	200 mg/l	15 mg/l
Lavado 2	50 mg/l	5 mg/l
Teñido y Engrase		
Recurtido	100 mg/l	10 mg/l
Fijación	200 mg/l	5 mg/l
Lavado 3	150 mg/l	5 mg/l
Total	6,7 kg/l	1kg /l

Fuente: (Graves, 2007, p.488).

#### **1.4 Posibilidades de reducir el contenido de cromo en las aguas residuales**

Antes de entrar en mayores detalles sobre las propuestas emitidas con miras a reducir la concentración de cromo en los desagües de las fábricas de cuero. En todos los esfuerzos tendentes a dicho fin se debe tener presente que para la industria del cuero únicamente son aceptables aquellos procedimientos que garantizan la calidad de los cueros que fabrica y de sus artículos

derivados. Las alternativas para reducir las cantidades de cromo en las aguas residuales de una tenería, (Bermeo,2006) pueden dividirse en:

#### ***1.4.1 Métodos especiales de curtición al cromo, con agotamiento integral***

Los métodos especiales de curtición al cromo, con agotamiento integral, consiste en reunir en un solo desagüe los residuos alcalinos y ácidos de una misma fábrica, el líquido resultante da reacción alcalina. lo que significa que han flocculado todas las sales de cromo en ellos contenidas y que de esta forma pasan a los lados. Separando ahora por completo todos los lodos de estos desagües mixtos, desaparece con ellos la totalidad del cromo, si bien por otra parte, los lodos quedan contaminados de cromo, es decir, que el problema ecológico tan sólo ha sido desplazado de la fase líquida a la sólida, (Gratacos,2013, p.678).

La ventaja de este método para el fabricante estriba en que no necesita modificar los usuales métodos de curtición al cromo. En cambio, tiene el inconveniente de ser una solución demasiado costosa para una sola fábrica de curtidos, (Romane,2016). Entre las clásicas medidas de procedimiento se tiene:

- Elevada temperatura de curtición
- Baños cortos
- Elevado pH
- Reducida oferta de óxido de cromo
- Largo tiempo de curtición
- Curtientes de cromo autobasfícantes

(Lacerca,2003), señala que todas las propuestas tendentes a mejorar el agotamiento de los baños de curtiente al cromo son tan viejas como la propia curtición al cromo, entre ellas; el aumento de, la temperatura de curtido y el "acortamiento" de los baños, son de aplicación relativamente fácil. A tal efecto, se recurre a alta temperatura (p.e. 40 °C) al final del proceso, y baños relativamente cortos (p.e. al 40%, referido al peso de la piel en tripa).

Otras medidas, como son el aumento del pH y la reducción de la cantidad de óxido de cromo, no siempre son fáciles de armonizar con la deseada calidad de los cueros, y por lo tanto deben aplicarse con grandes cautelas. La prolongación del tiempo de curtido no es viable en muchos casos, debido al ritmo de producción establecido por la empresa. El conjunto de estas medidas "clásicas" estará siempre en los inicios de todas las consideraciones relativas a la mejora del

agotamiento del cromo en los baños de curtición. Su puesta en práctica es, por otra parte, suficientemente conocida. (Bursch,2015, p.786).

#### **1.4.2 Enmascaramiento (bloqueo) del sulfato**

La neutralización de los curtientes en baños relativamente cortos y a temperaturas frecuentemente más altas, en especial con grandes cargas del bombo (p.e. 5 tm, de piel en tripa), es un proceso que no siempre transcurre correctamente en la práctica. A fines de la década de los 50 se mostró que el aprovechamiento del llamado "enmascaramiento de sulfato" de los curtientes de cromo, en forma de polvo, podría representar una valiosa ayuda en la basificación. Para el efecto, dichos productos ya no se disuelven antes del empleo, sino que se añaden, como queda dicho, en polvo, (Hidalgo,2004, p.65).

Las soluciones frescas que de este modo se forman durante el curtido, acusan todavía un pasajero bloqueo (enmascaramiento), del sulfato, bloqueo que desaparece después en el cuero de la curtición. Esto significa que, al principio, el curtiente es poco activo como tal, a causa del enmascaramiento, lo cual resulta ventajoso para el curtido inicial de las pieles. Si, en lugar de ello, el mismo curtiente fuera disuelto antes (p.e. la víspera de su aplicación), el efecto de bloqueo sulfático desaparecería ya antes de iniciarse la curtición, (Artigas,2007, p.17).

Para el enmascaramiento del sulfato si una solución ya envejecida, de un curtiente de sulfato de cromo básico al 33% se mezcla con solución de carbonato sódico, (sosa), ocurre que, al alcanzarse un grado de basicidad (calculado), de aproximadamente el 60%, en el curtiente de cromo, se producen turbideces y precipitados. En cambio, a una solución recién preparada de un curtiente de sulfato de cromo en polvo, básico al 33%, se puede añadir bastante más solución de carbonato de sosa antes de que produzcan los citados fenómenos). Pero cuanto más tiempo se dejan en reposo estas soluciones, tanto menos soso se precisa para la preparación, hasta que, en un momento dado, también se observan precipitados cuando la basicidad es de aprox. el 60%. Esto es señal de que ha desaparecido el enmascaramiento, (Herfeld,2004, p.342).

El enmascaramiento sulfático pasajero depende de la temperatura, esto significa que, al calentar, dicho efecto desaparece con mayor rapidez. El enmascaramiento sulfático puede comprobarse, igualmente, por la variación de la temperatura de encogido de las pieles en tripa en el curso de la curtición al cromo. En el "método sin disolución previa" se constata un aumento más paulatino de la temperatura de encogido (es decir, una curtición inicial más suave) que cuando se curte con soluciones de cromo envejecidas, (Hidalgo,2004, p.94).

Curtiendo por el método sin disolución previa, llama la atención el hecho de que los cueros conservan por mucho más tiempo el tacto de la piel en tripa, que, si se curte bajo idénticas condiciones, pero con curtiente de cromo disuelto la víspera. Indispensable para poder trabajar por el método sin disolución previa es disponer de curtientes de sulfato de cromo en polvo que se disuelvan con suficiente rapidez, (Bursch,2015, p.534).

El bloqueo temporal aporta una mayor seguridad para el proceso neutralizante, en especial cuando se opera con baños relativamente cortos. Con ello, este procedimiento puede significar una valiosa contribución a disminuir el contenido en cromo de las aguas residuales, dado que los baños cortos constituyen una de las primordiales medidas "clásicas" para mejorar el balance ecológico del cromo, (Churata,2018, p.435).

#### **1.4.3 Curtientes de cromo autobasificantes**

Otro importante avance técnico lo constituyeron los curtientes de cromo en forma de polvo desarrollados por vez primera en Bayer a base de sulfatos de cromo que contienen componentes neutralizantes con efecto retardado ("depot"). Este producto da lugar a un paulatino incremento de la astringencia del curtiente. También aquí se aprovecha el enmascaramiento temporal del sulfato, ya que los productos se aplican siempre en polvo. Condición previa para obtener productos adecuados a las necesidades de la práctica es, asimismo disponer de curtientes de sulfato de cromo que se disuelvan con suficiente rapidez, así como de un sistema basificante, idóneo para la técnica del curtido, (Yuste,2002, p.76).

Merece destacarse a este respecto al hecho de que con esta clase de curtientes autobasificantes sea posible lograr en la práctica, a base de inferiores cantidades de óxido de cromo, contenidos en dicho compuesto químico en el cuero tan elevados como los usuales curtientes de sulfato de cromo y basificación aparte. Un grupo más reciente de curtientes de cromo que no requieren basificación alguna, son los productos de cromo en forma de polvo y enmascarados (bloqueados) con grupos orgánicos. Los curtientes de cromo "enmascarados orgánicamente" se conocen desde hace casi tanto tiempo como la propia curtición al cromo, (Jones,2002, p.86).

En particular, ya desde muy temprano se utilizaron como agentes enmascaradores ciertas sales de los ácidos fórmico y acético. al utilizar el método sin disolución previa, con curtientes de sulfato de cromo enmascarados orgánicamente, es factible obtener cueros más lisos y de flor más fina que con soluciones de curtiente previamente disuelto y envejecidas, así como también es muy

apreciada la buena igualación de las tinturas en los cueros. Característico de esta forma de operar es el pH relativamente alto que se registra al final del piquelaje con ácido fórmico o con ácido sulfúrico, y que se mantiene incluso durante todo el proceso de curtición subsiguiente, (Lacerca,2003, p.45).

#### **1.4.4 *Influencia del piquelado***

El pH final de curtición depende principalmente de la cantidad de ácido aplicada en el piquel y del grado de descalcado. Por ello, el piquelado constituye un elemento fundamental en la regulación de tales curticiones. Por lo común se trabaja con piquelados cortos (2 horas). El pH a que tiene lugar la curtición influye en el agotamiento de los jugos de curtiente al cromo, por lo tanto, en el contenido en óxido de cromo de los cueros ya curtidos. Si con un curtiente de sulfato de cromo enmascarado orgánicamente se alcanza el mismo pH al final de la curtición, que, con otro curtiente, también de sulfato de cromo, pero son bloquear, resulta que, permaneciendo invariables las restantes condiciones de curtido, el agotamiento del baño es menor, lo mismo que la concentración de cromo en el cuero, (Bursch,2015, p.99).

La virtud del enmascarado, sin embargo, es factible operar con un pH final hasta 2/10 más alto cuando se trabaja por el método sin disolución previa con un curtiente de cromo enmascarado orgánicamente y sin que ello repercuta negativamente en el cuero. En tal caso se obtiene un grado de agotamiento aproximadamente igual y también idéntica concentración en óxido de cromo, que cuando se opera con un curtiente de cromo sin enmascarar, (Bacardit,2004, p.436).

#### **1.4.5 *Influencia de la temperatura y duración del curtido***

La inactivación temporal de los curtientes de sulfato de cromo en polvo, enmascarados orgánicamente, depende en igual grado de la temperatura de curtición, que la de los productos no bloqueados orgánicamente. Las curticiones con productos de sulfato de cromo enmascarados orgánicamente, según el método sin disolución previa, se adaptan bien a los usuales esquemas de fabricación del cuero, (Gracminar,2014, p.435).

Comúnmente, para el baño de curtición bastan de 6 a 8 horas. El tiempo de curtición adquiere mayor importancia cuando, por el motivo que sea, no puede alcanzarse una elevada temperatura de curtido (como mínimo, 35° C) utilizando baños largos, y con baja temperatura inicial, en tales casos, la ausencia de temperatura elevada tiene que ser compensada por una curtición más prolongada (por ejemplo, durante toda la noche). El pH final del baño en las curticiones a baja

temperatura no debiera ser inferior a 3.9 a 4.0. También se aconseja a causa de la mayor intensidad curtiente, trabajar en tales casos en un piquel a base exclusivamente de ácido sulfúrico, en vez de una mezcla de ácidos sulfúrico y fórmico, (Fontalvo,2009, p.32).

En principio con los curtientes de cromo enmascarados orgánicamente es posible obtener toda clase de cueros al cromo. Sin embargo, el principal campo de aplicación de esta clase de curtientes se halla en la fabricación de cuero para vestuario y muebles, utilizando pieles de vacuno. Muy apreciadas son su flor lisa y la facilidad de obtener tintes uniformes, de buena igualación. A menudo en la curtición de estos artículos no se alcanzan elevadas temperaturas, dado que se opera con baños largos. De esta manera resultan cueros planos, lo que favorece la resistencia al desgarró y el rendimiento de superficie de un material que tan frecuentemente es dividido en capas delgadas, (Adzet,2005, p.68).

Los curtientes de cromo bloqueados orgánicamente se han acreditado también para curtir pieles de animales pequeños destinadas, por ejemplo, al sector de las prendas de vestir y de los guantes. Es muy ventajoso, no tener que basificar y también la posibilidad de que se produzcan variaciones en el grado de enmascaramiento. No debe tampoco pasarse por alto el hecho de que estos curtientes se prestan altamente para baños sumamente cortos. Y, como ya se dijo, las curticiones en baños cortos sirven en gran manera para reducir las concentraciones de cromo en las aguas residuales, (Bodero,2017, p.451).

#### ***1.4.6 Cromo sin combinar procedente de curtición tradicional al cromo***

Es necesario el cálculo de las cantidades de cromo que quedan sin fijar en un proceso tradicional de curtición al cromo, este cálculo, que implica una serie de hipótesis simplificadas, deberá arrojar luz sobre el orden de magnitud de las cantidades de cromo que quedan sin aprovechar. Es un hecho suficientemente conocido que el curtiente de cromo que permanece sin combinar lo hace, no solamente en el baño residual de curtición, sino también en el cuero ya curtido y húmedo, (Soler,2002, p.67).

Se afirmará igualmente por supuesto que, al final de la curtición, las concentraciones de producto de cromo sin fijar son idénticas dentro y fuera de la piel curtida, quiere esto decir que cuando, por ejemplo, el baño residual ha quedado agotado hasta 7 g de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ /litro, también el líquido que puede extraerse por prensado del cuero húmedo inmediatamente después de concluido el curtido, contiene 7 g de óxido de Cr por litro,(Jones, 2002, p.678).

El cálculo para el baño residual no requiere mayor explicación, por ejemplo, para una hipotética concentración del baño residual igual al 80% (referida al peso de la piel en tripa) y un agotamiento de 7 g de óxido de cromo por litro, habrá en el baño residual 560 g de óxido de cromo por 100 kg, de piel en tripa. Para los cueros húmedos se debe tener en cuenta que su peso es solamente del 90% del peso en tripa. Por otra parte, los cueros curtidos, húmedos, contienen aproximadamente un 65 % de agua. En esta agua, al igual que en el baño residual, hay 7 g, de  $\text{Cr}_2\text{O}_3/1$  en forma de curtiente de cromo sin combinar (Mendoza,2014, p.645).

#### **1.4.7 Procedimiento con agotamiento integral del cromo**

Una de las principales dificultades de la eliminación del curtiente de cromo, sin combinar, procedente de una curtición al estilo convencional, radica en la captación del curtiente que se encuentra libre en el cuero húmedo. La empresa BAYER AG, desarrolló en 1974, un nuevo procedimiento que posibilita, junto con un agotamiento casi completo de los baños curtientes de cromo, la obtención de cueros de calidad intachable. Este método se lleva a cabo con el nuevo producto denominado Baychrom 9000, un curtiente de cromo autobasificante provisto de componentes reticulantes, a base de ácidos carboxílicos polibásicos, (Bursch,2015, p.65). El esquema de trabajo para una curtición semejante se describe en la tabla 3-1, utilizando pieles en tripa de vacuno divididas.

**Tabla 3-1:** Esquema de trabajo de una curtición con alto agotamiento del baño

<b>Proceso</b>	<b>Producto</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Temperatura</b>
Piquelado	Agua	10-70%	20°C
	Sal común	2.5-6%	
	Ácido fórmico, al 85% (1:4)	0.6%	
	Ácido sulfúrico	0.25%	66 Bé
Curtición al cromo + de	Chromosal B.	2-3%	(1:8), 1 hora
	Óxido de cromo	26%	
33% de basicidad	Baychrom 9000	4-6%	1 hora
	Óxido de cromo	13.5%	8 horas pH de baño 3.85-4.1 Temperatura: 36-40° C

Fuente: (Bursch, 2015, p.69).

Tras un piquelaje habitual, se da inicio a una curtición con la mitad de la oferta total de óxido de cromo (1.0-1.6% referido al peso en tripa) en forma de curtiente de cromo normal, con 33% de basicidad. Después de bombear durante, aproximadamente 1 hora, se agrega la segunda mitad del óxido, en forma de Baychrom 9000. Este esquema de trabajo rige para curtir pieles en tripa divididas. Para material sin dividir, puede procederse de manera análoga con Baychrom 9000 A. Con este procedimiento es factible lograr baños residuales conteniendo menos de 1 g de Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/litro. En la tabla 4-1, se indica el método para mejorar el agotamiento del cromo, (Tzicas,2002, p.89).

**Tabla 4-1:** Métodos para mejorar el agotamiento del cromo.

<b>Límites</b>	<b>Medidas clásicas</b>	<b>Precipitación</b>	<b>Reciclaje</b>	<b>BAYCHROM 9000</b>
Baño residual de la curtición, g de Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /litro	> 5	(5-10)	(5-10)	<1
Baño residual de la curtición, g de Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /litro	> 5	(5-10)	(5-10)	<1
% de aprovechamiento del cromo, ref. a la oferta *(incl. el Cr sin fijar, en el cuero)	70- 75	70 - 90	75 - 85	95 – 98
En el total de aguas residuales ppm Cr (50 l de H <sub>2</sub> O/kg. de material bruto)	50-70	25-50	50-60	2-10

Fuente: (Tzicas,2002, p.78).

(Yuste,2002, p.56), indica que las ventajas de agotar el cromo con óxido en forma de Baychrom 9000 son:

- No se necesita modificar los métodos de curtición propiamente dichos
- Ligera modificación de los métodos de curtición
- Menor consumo de óxido de
- No se necesitan instalaciones adicionales
- Ausencia de cromo sin combinar en el cuero

Los inconvenientes agotar el cromo con óxido en forma de Baychrom 9000 (Yuste,2002, p.87) son:

- Limitada mejora del aprovechamiento del cromo
- Imposibilidad de incluir el cromo
- sin combinar en el cuero
- Gran despliegue técnico
- Permanente control analítico
- Las pieles gruesas, sólo con baños cortos
- Adecuación a los métodos de recurtición y teñido

### **1.5 Función de cromo trivalente en el proceso de curtido**

El colágeno es la principal proteína de la piel, cuya función es primariamente estructural. Está compuesta por fibras polipeptídicas de triple hélices que se unen por medio de puentes de hidrógeno para formar una red de fibras de colágeno. Los ácidos glutámico o aspártico en la estructura primaria contienen un grupo carboxílico libre en sus cadenas laterales. Estos grupos –COOH son claves para la coordinación del cromo en la estructura de la piel, para poder curtirla y darle el cambio de propiedades, (Artigas,2007, p.765)

En teoría, los grupos –COOH podrían interaccionar con el Cr (III) ya que hay dos pares libres de electrones en el átomo de oxígeno del –OH, que podrían coordinar con el metal. Sin embargo, los grupos –COOH no hidrolizados y sin carga no tienen gran afinidad por el ión metálico. Por eso, si se quiere una buena interacción, los –COOH deben desprotonarse primero y obtener una carga negativa que incremente su afinidad al complejo metálico positivo, así fue más fácil que el oxígeno coordine al cromo, (Andrade,2006, p.767).

El cromo puede coordinarse dentro de una triple hélice, ya sea haciendo un entrecruzamiento entre dos puntos de la misma fibra o entre fibras distintas de la hélice. Otra posibilidad es que el cromo coordine dos fibras provenientes de hélices distintas. Una vez que el cromo se ha incorporado en la estructura del colágeno, se obtiene un cuero térmicamente estable que puede resistir temperaturas de hasta 100°C sin tener un cambio estructural (Hidalgo,2004, p.24).

LA piel se vuelve más firme, capaz de mantener su forma, impermeable y resistente a la descomposición por vías bacterianas. Para que una sal sea efectiva como agente curtiente debe penetrar adecuadamente en la estructura de la piel y formar complejos con las fibras de colágeno. Así mismo, antes de haber penetrado, debe mantenerse soluble pues, si precipita, es eliminada de

la solución y no podrá interaccionar con las fibras de la piel. Esto limita el rango de pH en que debe realizarse el curtido dado que el cromo (III), forma hidróxidos insolubles a pHs básicos. Sin embargo, se necesita asegurar un ambiente ligeramente menos ácido para que los grupos –COOH puedan desprotonarse y así puedan ser nucleófilos más efectivos que logren coordinar al cromo, (Angulo,2007, p.67).

Es por esto que el curtido comienza a un pH entre 2,5 y 3, dejando que las pieles se remojen en los baños de cromo por varias horas. Esto da tiempo para que las especies de cromo puedan dispersarse adecuadamente y penetrar profundamente en la piel. Una vez que se ha logrado esto, el pH de la solución es aumentando de modo que los carboxilos del colágeno se desprotonen y puedan reaccionar con el cromo, (Bermeo,2006, p.56).

Esta etapa de basificado es sumamente importante en la fijación del cromo, el curtido y basificado deben darse con sumo cuidado, teniendo en cuenta la variación de los parámetros para poder producir los cueros deseados. Si el pH comienza siendo muy alto, la reactividad de la piel aumentará antes de que el cromo haya penetrado lo suficiente, con lo cual se dará un curtido superficial. Si se lleva a cabo el proceso en pH muy bajo, se tendrá velocidades de reacción muy bajas y no habrá una fijación adecuada del cromo, (Buxadé,2004, p.532).

## **1.6 Productos utilizados para el agotamiento del cromo**

### **1.6.1 *Glutaraldehído***

El glutaraldehído es un líquido oleaginoso generalmente sin color o ligeramente amarillento y con un olor acre, es un compuesto estable sin riesgo de polimerización, es un potente bactericida y en su forma alcalina. El glutaraldehído (GDA), es la sustancia más eficiente en el pre curtido del wetwhite, muchos otros agentes curtientes fueron experimentados, pero se obtuvieron resultados no satisfactorios. Los taninos vegetales y sintéticos son menos eficaces en relación a las propiedades generales del wetwhite con ellos obtenidos. Entre los demás aldehídos, el glioxal ha demostrado muchos límites y el formaldehído, mismo dando resultados discretos, no puede ser aplicado por problemas toxicológicos, (Schorlemmer,2002, p.543).

Los agentes descalcantes en base a sales de amonio exaltan el amarillamiento del cuero tratado con glutaraldehído, por tanto, si el cuero deberá ser teñido en tonos pasteles su empleo debe ser contenido en niveles aceptables. Por otra parte, el uso de descalcantes completamente libres de amonio implica la dificultad de descalcantar en profundidad. Se sabe que los rindientes enzimáticos

contienen en sus mezclas una cierta cantidad de sales de amonio. Por tanto, a fin de desencalar y rendir las pieles deben ser lavadas a fondo con el fin de eliminar completamente los residuos de estas sales. Mismo la modalidad con que se desarrolla el piquelado tiene una influencia determinante en la penetración del glutaraldehído en la sección de la piel. El valor de pH debe ser inferior a 3 en toda la sección para que la distribución del precurtiente sea uniforme, (Soler,2002, p.35).

El agregado de engrase en el baño de piquelado, actúa como deslizante e impide la acción negativa de la fricción de las pieles con las paredes de los tambores. El precurtido con glutaraldehído juega un rol decisivo en la producción del cuero libre de metales pesados y de sales de aluminio, el curtido principal, que ha dado los mejores resultados, se realiza con taninos vegetales, taninos sintéticos y polímeros acrílicos. Su formulación depende del tipo de artículo requerido, si se emplease el glutaraldehído mismo en esta fase de proceso, se obtienen importantes ventajas, (Boccone;2017, p.78).

Dada su óptima capacidad curtiente, permite la reducción de las cantidades de productos químicos normalmente empleadas en el curtido principal de wetwhite. Además, mejora la penetración de los productos curtientes y de los engrases aplicados en las fases sucesivas. como resultado se obtiene una piel más blanda, y se nota una mayor constancia en la calidad de la producción. Esto es de atribuir al aumento del Temperatura de contracción de 3 a 5 ° C debido a la acción del glutaraldehído en el curtido, (Yuste,2002, p.45).

Los cueros se comportan mejor secando clavados en húmedo, lo que no siempre se realiza en las mejores condiciones de temperatura y humedad. La formulación del curtido wetwhite depende del tipo de artículo que se debe producir. Los aldehídos, al reaccionar con los grupos amino del colágeno, forman uniones covalentes muy estables incluso en medio básico. se trata de productos ni catiónicos ni aniónicos y por ello son compatibles con el cromo y pueden emplearse en las fases de fabricación en presencia de sales de cromo y otras sales y también en presencia de extractos vegetales y sintéticos de sustitución, (Thorstensen,2002, p.238).

Además del formaldehído cuyo uso es conocido desde hace mucho tiempo como producto curtiente para la fabricación de gamuzas al aceite, por dar pieles que no pierden el tacto blando al ser mojadas y secadas de nuevo, existen otros aldehídos que se fijan en el cuero a pH mucho más ácidos que el formol que requiere un pH de 7,5 a 9, (Vallejo,2004, p.67).

El glutaraldehído llega al comercio en forma de solución acuosa al 25 y 50 %, para dar lugar a una cierta mejora de la blandura del cuero. No es suficiente un tratamiento con glutaraldehído

especialmente cuando se trata de cuero vacío y delgado o cuando se desee buena ligabilidad o facilidad de grabado. Por este riesgo de polimerización hay que cuidar de no dejar un baño en el que se ha efectuado el tratamiento con un aldehído en reposo por la noche con las pieles dentro del bombo, si el agotamiento no es casi total, puesto que se pueden provocar manchas, (Frankel,2009, p.61).

#### *1.6.2. 1. Aplicaciones del glutaraldehído*

El glutaraldehído se puede usar fundamentalmente como antiséptico en el remojo, al precurtir pieles de estructura vacía en la fabricación de artículos para guantería, como auxiliar de recurtición en la fabricación de cueros blancos. Para fijar la caseína en los acabados abrillantares, para fijar el pelo en peletería. Los cueros curtidos con formaldehído son de color blanco, sólido al lavado y a los álcalis y bastante vacío, (Bodero, 2017, p.56). La temperatura de contracción de estos cueros puede llegar a 89 °C. Un ejemplo de empleo en curtición puede ser:

- Se piquelan las pieles desfloradas o serrajes en tripa hasta pH = 4-5.
- Se añade un 3% de formaldehído en baño corto y a 30°C.
- Se rueda 4-5 horas y se deja hasta el día siguiente.
- Se neutraliza hasta pH = 8 pero vigilando no pasarse porque se podría crisar el cuero por sobrecurtición de flor.
- Se lava con sales amónicas para eliminar el formaldehído no fijado que podría polimerizar y endurecer el cuero.
- Se engrasa, se seca y se ablanda. Se obtiene una gamuza blanca para guantería lavable.

En la recurtición se puede usar el formaldehído con resinas de melanina, diciandiamida, etc. Se ajusta el pH según la resina, se deja absorber por la piel y se añade el formol, produciéndose una condensación "in situ" y así se llenan las zonas de la piel de estructura más vacía. Su uso está prohibido en algunos países por razones toxicológicas. El glutaraldehído se utiliza solo o en combinación con otros productos para la limpieza, desinfección y esterilización de material clínico delicado y de superficie, debido a sus excepcionales cualidades bactericidas y fungicidas, su uso ha aumentado de forma progresiva, (Adzet,2005, p.671).

#### *1.6.2.2. Composición química del glutaraldehído*

El glutaraldehído comúnmente se lo puede encontrar en soluciones de 25 a 50% con un pH de 3 a 4, este es un líquido oleaginoso generalmente sin color o ligeramente amarillento y con un olor

acre. Es un compuesto estable sin riesgo de polimerización. Su olor es fuerte y debe evitarse el contacto con la piel y los ojos. En las soluciones concentradas, el glutaraldehído se encuentra en forma de polímero formado por tres o cuatro monómeros. La polimerización del glutaraldehído, queda depositado de forma puramente física entre las fibras de colágeno. Esta degradación mejora la plenitud y esponjosidad del cuero. Su compatibilidad con los curtientes minerales en especial con el cromo, (Bermeo,2006, p.768).

El efecto curtiente en las sales de cromo se produce al reaccionar los grupos carboxílicos del colágeno de la piel con el complejo de cromo y así producirse la reticulación de las moléculas de colágeno contiguas. El glutaraldehído cumple la misma función, pero entre los grupos amino e hidroxil. Razón por la cual se puede utilizar conjuntamente sal de cromo y glutaraldehído en la curtición de pieles. En la curtición influyen el tiempo, la concentración de producto y el pH. La fijación de glutaraldehído en la piel se produce en un intervalo de pH de 2 a 9. La máxima temperatura de contracción se consigue a pH de 6, (Bursch,2015, p.123).

Cuando se llega a un medio neutro o ligeramente alcalino se fija más glutaraldehído, pero en forma polimérica y que sólo llena la piel, no la curte. Cuando el glutaraldehído es el único curtiente se usa aproximadamente una proporción del 12% de glutaraldehído del 25% para pieles ovinas y del 15% para pieles vacunas. Si se usa conjuntamente con cromo las cantidades de glutaraldehído son inferiores, (Estocolmo,2012, p.54).

### 1.6.2.3. *Propiedades físicas del glutaraldehído*

Las propiedades físicas del glutaraldehído (Ángulo,2007, p.145) se describen a continuación en la tabla 5-1.

**Tabla 5-1.** Propiedades físicas del glutaraldehído

<b>Detalle</b>	<b>Parámetro</b>
Nombre común	Glutaraldehído
Nombre químico	1,5-Pentanedial
Sinónimos	Solución acuosa de glutaraldehído
Familia química	Aldehídos
Número CAS	111-30-8
Fórmula molecular	C <sub>5</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>
Peso molecular	100,11

continua

Fórmula estructural	OHC(CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> CHO
Estabilidad	Estable por debajo de 38°C (100°F) hasta por 2 años
Punto de ebullición de la solución a 760 mm Hg, °C (°F)	
glutaraldehído al 2% en agua	100,0 (212)
glutaraldehído al 50% en agua	100,5 (213)
Índice de evaporación (acetato de butilo = 1)	
glutaraldehído al 2% en agua	0,84
glutaraldehído al 50% en agua	1,02
Punto de inflamación	
Tag Copa Cerrada, ASTM D 56	Ninguno
Tag Copa Abierta, ASTM D 1310	Ninguno
Límites inflamables en aire por volumen	
Inferior	No determinado, sistema acuoso
Superior	No determinado, sistema acuoso
Punto de congelación, °C (°F)	
glutaraldehído al 2% en agua	-1 (30)
glutaraldehído al 50% en agua	-21 (-5,8)
Solubilidad en agua por peso a 20°C, %	100
Gravedad específica a 20/20°C	
glutaraldehído al 2% en agua	1,01
glutaraldehído al 50% en agua	1,13
Presión de vapor de glutaraldehído a 20°C, mm Hg	
glutaraldehído al 2% en agua	0,003
glutaraldehído al 50% en agua	0,097
Densidad de vapor de glutaraldehído a 25°C (Aire = 1)	
glutaraldehído al 2% en agua	0,63
glutaraldehído al 50% en agua	1,05

Fuente: The Dow Chemical Company (2008).

El cromo es considerado como sustancia nociva, es un metal pesado y como tal se hace cada vez más difícil la eliminación de todos los residuos que lo contienen, como son las virutas de rebajado, polvo de esmerilado, restos de metales y troquelados, así como también los artículos de piel, acabada en desuso, por estas razones se recomienda el reemplazo del cromo por glutaraldehído, que llega al comercio en solución acuosa al 25 y 50 %. Da lugar a una cierta mejora de la blandura del cuero. Sin embargo, no hace superflua una recurtición con productos convencionales, (Ollé,2003, p.64).

No es suficiente un tratamiento con glutaraldehído especialmente cuando se trata de cuero vacío y delgado o cuando se desee buena ligabilidad o facilidad de grabado. El curtiente mineral da al

cuero un claro matiz amarillento, por lo que el producto no puede ser recomendado para blanco. Se trabaja a pH = 4 y se puede añadir el glutaraldehído antes o al mismo tiempo que el cromo o bien 1 o 2 horas antes de añadir los neutralizantes en la neutralización. Con esto se busca conseguir una buena resistencia a los lavados en seco y húmedo de la piel con un tacto blando y parecido al cromo, (Boccone,2017, p.154).

### **1.6.3. Las resinas**

(Luneti, P, 2014, p.78), indica que la resina es una secreción orgánica que producen muchas plantas, particularmente los árboles del tipo conífera. Es muy valorada por sus propiedades químicas y sus usos asociados, como por ejemplo la producción de barnices, adhesivos y aditivos alimenticios. También es un constituyente habitual de perfumes o incienso. En muchos países, entre ellos España, es frecuente referirse a la "resina" como "resina de pino" ya que esta conífera es su principal fuente, La resina acrílica catiónica contiene un 20% de sólidos y tiene un buen efecto de igualación y cobertura para bajos de flor. El aspecto del film es semiopaco y apenas pegajoso, (Luneti, P, 2014, p.667),

La palabra resina, viene del latín *resina*, es una sustancia pastosa o sólida que se obtiene de manera natural a partir de una secreción orgánica de ciertas plantas. Gracias a sus propiedades químicas, las resinas se utilizan para la elaboración de perfumes, adhesivos, barnices y aditivos alimenticios, entre otros productos. La resina acrílica tiene mejor anclaje hacia las pieles al vegetal que hacia las recurtidas, cosa que no pasa con las otras, (Adzet,2005, p.87).

También se puede observar una mejora importante con la piel curtida solo al cromo utilizando la resina acrílica. No es así cuando se trata de las otras dos resinas en piel curtida al cromo. Cuanto más recurtida sea la piel o bien la piel sea 100% vegetal, el nivel de adición de poliaziridina debe ser alto (12 p / 1000 p) para obtener valores medianamente satisfactorios, respecto a valores similares obtenidos en la piel curtida al cromo y con adiciones de poliaziridina bajas, entre 2 y 4 p /1000 p. Las resinas acrílicas difieren de los otros tipos de resinas por su apariencia cristalina, además de poseen características como:

- Resistencia a la tensión
- Resistencia al impacto
- Resistencia a la exposición ultravioleta
- Excelentes propiedades de adhesión
- Resistencia química

- Resistencia al calor
- Resistencia y durabilidad adecuadas al uso.
- Propiedades térmicas satisfactorias (ni contracción ni expansión muy altas).
- Estabilidad dimensional en y fuera de tejidos.
- Insolubilidad y baja sorción en fluidos
- Ausencia de sabor y olor
- Aspecto natural en color y translucidez
- Fácil de trabajar y reparar con exactitud
- Costo moderado

No existe acuerdo en la denominación de la resina y sus derivados, (Manrique, 2014. ) sin embargo, se consideran los siguientes términos.

- Resina: es la sustancia sólida o de consistencia pastosa, insoluble en el agua, pero soluble en el alcohol y en los aceites esenciales, capaz de solidificar en contacto con el aire, obtenida naturalmente como producto que fluye de varias plantas.
- Trementina: es un jugo casi líquido, pegajoso, odorífero y de sabor picante, que fluye de los pinos, abetos, alerces y terebintos. Se emplea principalmente como disolvente en la industria de pinturas y barnices. También se conoce como *miera* y algunas veces como *resina*.
- Aguarrás: Aceite volátil de trementina, usado principalmente como disolvente de pinturas y barnices. También se la conoce como *trementina* o *esencia de trementina*.
- Colofonia: Resina sólida, producto de la destilación de la trementina, empleada en farmacia y para otros usos. A veces se utiliza el término *resina* para nombrar a este producto sólido.

## CAPITULO II

### 2. MARCO METODOLÓGICO

#### 2.1 Localización y duración del experimento

Para la evaluación de diferentes productos de alto agotamiento de cromo en el proceso de curtición de pieles ovinas, el trabajo de campo se desarrolló en las instalaciones del Laboratorio de Curtición de Pieles de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo a una altitud de 2754 msnm, con una longitud oeste de 78°28'00" y una latitud sur de 01°38'. Los análisis físicos se realizaron en el Laboratorio de Resistencias Físicas de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la ESPOCH. El tiempo de duración de la investigación fue de 65 días. Las condiciones meteorológicas del cantón Riobamba se describen en la tabla 6-2.

**Tabla 6-2:** Condiciones meteorológicas del cantón Riobamba

<b>Características</b>	<b>Promedio</b>
Temperatura ( ° C )	13,8
Humedad relativa ( % )	63,2
Precipitación anual (mm/año)	465
Heliofania , horas luz	165,15

Fuente: ( Facultad de Recursos Naturales , 2015)

## **2.2    *Unidades experimentales***

El número de unidades experimentales que conformaron el presente trabajo experimental fue de 24 pieles ovinas de animales adultos, las mismas que se adquirieron en el Camal Municipal del cantón Riobamba.

## **2.3.    *Materiales, equipos e instalaciones***

### **2.3.1    *Materiales***

- 24 pieles ovinas.
- Cuchillos de diferentes dimensiones.
- Mandiles.
- Baldes de distintas dimensiones.
- Mascarillas.
- Botas de caucho.
- Guantes de hule.
- Tinas.
- Tijeras.
- Mesa.
- Peachimetro.
- Termómetro.
- Cronómetro.
- Felpas.

### **2.3.2.    *Equipos***

- Bombos de remojo.
- Bombo de curtido.
- Bombo de recurtido.
- Máquina divididora.
- Bombos de teñido.
- Máquina ablandadora.
- Toggling.

- Máquina de cortina.
- Prensa.

### **2.3.3 *Productos químicos***

- Cloruro de sodio.
- Formiato de sodio.
- Bisulfito de sodio.
- Ácido fórmico.
- Ácido sulfúrico.
- Ácido oxálico.
- Cromo.
- Ríndente.
- Grasa animal sulfatada.
- Lanolina.
- Grasa catiónica.
- Aserrín.
- Dispersante.
- Recurtiente de sustitución.
- Rellenante de faldas.
- Recurtiente neutralizante.
- Recurtiente acrílico.
- Productos compactos semianilina.
- Alcoholes grasos.
- Sulfato de amonio.
- Bicarbonato de sodio.
- Hidróxido de calcio.
- Sulfuro de sodio.
- Tensoactivos.
- Hidrolaca.
- Solventes orgánicos.
- Glutaraldehído.
- Resina acrílica catiónica

## 2.4. Tratamiento y diseño experimental

En la presente investigación se trabajó con tres tratamientos que constituyeron los diferentes productos para conseguir al alto agotamiento del cromo (1,5% de glutaraldehído y 1,5% de resina acrílica catiónica), incluido el tratamiento testigo en el cual se aplicó únicamente cromo, con 8 repeticiones por tratamiento, y modelados bajo un Diseño Completamente al Azar, cuyo modelo lineal aditivo fue:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \epsilon_{ij}$$

Dónde

$Y_{ij}$  = Valor del parámetro en determinación.

$\mu$  = Efecto de la media por observación.

$\alpha_i$  = Efecto de los tratamientos (1,5% de glutaraldehído y 1,5% de resina acrílica catiónica).

$\epsilon_{ij}$  = Efecto del error experimental.

En la tabla 7-2: se describe el esquema del experimento que se utilizó en la presente investigación:

**Tabla 7-2:** Esquema del experimento

Tratamiento	Código	Repeticiones	T.U.E.	Piel/Trat.
Tratamiento control (curtido con cromo).	T0	8	1	8
Agotamiento en el baño de curtido con 1,5% de glutaraldehído	T1	8	1	8
Agotamiento en el baño de curtido con 1,5% de resina acrílica catiónica	T2	8	1	8
<b>TOTAL</b>				24

Realizado por: Flores, Rafael 2018

## 2.5. Mediciones experimentales

### 2.5.1 Físicas

- Resistencia a la tensión, N/cm<sup>2</sup>
- Porcentaje de elongación, %
- Lastometría, mm.

### 2.5.2. Sensoriales

- Blandura, puntos.
- Grano de flor, puntos.
- Tacto, puntos.

### 2.5.3. Económicas

- Costo de producción, USD/ pie<sup>2</sup>.
- Beneficio/costo.

## 2.6. Análisis estadísticos y pruebas de significancia

Las mediciones experimentales fueron modeladas bajo un Diseño Completamente al Azar simple.

Los resultados fueron sometidos a los siguientes análisis estadísticos:

- Análisis de Varianza (ADEVA), para diferencias entre medias.
- Separación de Medias según Tukey, a un nivel de significancia  $P < 0.05$ .
- Para la determinación de la significancia de las variables sensoriales se utilizó la prueba de Kruskal – Wallis, cuya ecuación fue:

$$H = \frac{15}{nT(nT+1)} = + \frac{\sum RT_1^2}{nRT_1} + \frac{\sum RT_2^2}{nRT_2} + \frac{\sum RT_3^2}{nRT_3} + 2(nT+1)$$

Donde:

- H = Valor de comparación calculado con la prueba K-W.
- nT = Número total de observaciones en cada nivel de producto compactado.
- R = Rango identificado en cada grupo.

En la tabla 8-2, se describe el esquema del análisis de varianza que se utilizó en la investigación:

**Tabla 8-2:** Esquema del Adeva

<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>
Total	23
Tratamiento	2
Error	21

Realizado por: Flores, Rafael 2018.

## **2.7. Procedimiento experimental**

Para realizar el trabajo experimental primeramente se procedió a la compra de las pieles ovinas lo cual, se realizó en el camal municipal de la ciudad de Riobamba, procurando escogerlas lo más libres de defectos, para garantizar el proceso de transformación de la piel en cuero.

### **2.7.1. Remojo**

- Se pesó las pieles frescas y en base a este peso se trabajó realizando un baño con agua al 200% a 25°C.
- Se disolvió los productos antisépticos, mas tensoactivo, luego se mezcló y se dejó girar el bombo durante 20 minutos, posteriormente se botó el baño, se preparó otro baño con tensoactivos, productos alcalinos, antisépticos, enzimáticos; luego se rodó el bombo a una velocidad de 2 - 4 rpm, durante 3 horas y se eliminó el baño.

### **2.7.2. Pelambre y calero**

Nuevamente se pesó las pieles y en base a este peso se preparó el trabajo para el pelambre y calero en un bombo que gire a una velocidad de 2 a 4 rpm, con un baño con el 100% de agua a 25°C, 1% de hidróxido de calcio respectivamente, luego se procedió a depilar con 1,5% de sulfuro de sodio, para continuar con la recuperación del pelo, a través de un tamizado; para prolongar con el proceso del calero con el 3,5% de cal, agregados en diversas porciones en un lapso de tiempo de aproximadamente 20 horas se eliminó el baño y se lavaron las pieles. Posteriormente se realizó los procesos mecánicos de descarnado y dividido, al grosor necesario.

### **2.7.3. Desencalado y rendido**

Se lavó las pieles con 200% de agua limpia a 30°C más el 0,2% de formiato de sodio, rodando el bombo a una velocidad de 6 a 8 rpm durante 30 minutos; posteriormente se botó el baño y se preparó otro con el 100% de agua a 35°C más el 1% de bisulfito de sodio y 1% de formiato de amonio, más 0,2% de producto rindente y se rodó el bombo durante 90 minutos; pasado este tiempo, se realizó la prueba de fenolftaleína para lo cual se colocó 2 gotas en la piel para ver si existe o no presencia de cal, el pH fue de 8,5, luego se eliminó el baño y se lavó las pieles con el 200% de agua, a temperatura ambiente durante 30 minutos y se botó el baño.

### **2.7.4. Piquelado**

Se preparó un baño con el 60% de agua, a temperatura ambiente, y se añadió el 10% de sal en grano blanca, se rodó por 10 minutos para que se disuelva la sal para luego adicionar el 0,7% de ácido fórmico; diluido 10 veces su peso y dividido en 3 partes. Se colocó cada parte con un lapso de tiempo de 20 minutos. Pasado este tiempo, se controló el pH que debía estar entre 4,5 a 5; se añadió el 0,7% de ácido fórmico diluido de 1:5 y dividido en tres partes, colocado cada parte con un lapso de 30 minutos y se dejó reposar durante 12 horas exactas, se controló el valor de pH que debió estar con un valor de 3,2 a 2,8.

### **2.7.5. Precurtido**

Pasado el período de reposo se añadió 2% de precurtiente acrílico y 1% de sulfato de aluminio se rodó durante 30 minutos, proceso diferente al tradicional y que actuó como sistema de alto agotamiento de cromo, el cual fue comparado con el sistema tradicional sin la utilización de precurtiente que actúa como producto que se encarga de agotar el cromo.

### **2.7.6. Curtido y basificado**

Para el proceso tradicional una vez cumplido el reposo de 12 horas, del piquelado, se rodó el bombo durante 10 minutos se añadió el 7% de cromo. Para el nuevo proceso de alto agotamiento de cromo, una vez realizado el proceso de precurtido inmediatamente se agregó el 7% de cromo y se rodó 60 minutos, luego de este tiempo se adicionó el 1% de bicarbonato de sodio o cualquier otro basificante; diluido 10 veces su peso y dividido en 3 partes, se colocó cada parte con un lapso

de tiempo de 1 hora para luego rodar el bombo durante 5 horas. Se perchó durante 12 horas, se escurrirá el cuero y se rebajó el grosor del mismo a 0,8 mm.

#### **2.7.7. Neutralizado y recurtido**

- Una vez rebajado a un grosor de 0,8mm se pesaron los cueros y se lavaron con el 200% de agua, a temperatura ambiente más el 0,2% de tensoactivo y 0,2 de ácido fórmico, se rodó en un bombo estrecho pero alto a una velocidad de 14 rpm, durante 20 minutos para luego botar el baño.
- Luego se añadió órgano-cromo, dándole movimiento al bombo durante 30 minutos para posteriormente botar el baño y preparar otro baño con el 80% de agua a 40°C al cual se le añadió el 1% de formiato de sodio, para realizar el neutralizado, se rodó el bombo durante 40 minutos y se añadió el 1,5% de bicarbonato de calcio y luego se rodó el bombo durante 60 minutos, se botó el baño y se lavó los cueros con el 300% de agua a 40°C durante 60 minutos. Se botó el baño y se preparó otro con el 100% de agua a 50°C al cual se añadió el 4% de tara, el 3% de rellanante de faldas, el 3% de recurtiende acrílico, se rodó el bombo durante 60 minutos.

#### **2.7.8. Tintura y engrase**

Al mismo baño se adicionó el 100% de agua a 70°C, más el 12% de éster fosfórico y el 4% de parafina sulfoclorada, más el 2,5% de lanolina y, se mezcla y diluidas en 10 veces su peso, se rodó por un tiempo de 60 minutos y luego se añadió el 1% de ácido fórmico; y se rodara durante 10 minutos, luego se agregó el 1 % de ácido fórmico, diluido 10 veces su peso, dividido en 2 partes y cada parte se rodó durante 10 minutos. Más la adición del 2% de cromo y se rodó durante 20 minutos, se botó el baño y se lavó los cueros con el 200% de agua fría durante 20 minutos, se botó el baño y se percharan los cueros durante 1 día en sombra (apilados), para que se escurran y se sequen durante 2 días.

#### **2.7.9. Aserrinado, ablandado y estacado**

Se procedió a humedecer un poco a los cueros con una pequeña cantidad de aserrín húmedo con el objetivo de que estos absorban humedad para mejorar la suavidad de los mismos, durante toda la noche. Los cueros se los ablandó en una molliza para luego estacarlos, estirándolos poco a poco sobre un tablero y pinzarlo hasta que el centro del cuero tenga una base de tambor.

## **2.8. Metodología de evaluación**

Para los resultados de las resistencias físicas del cuero ovino se utilizó las instalaciones del laboratorio de Resistencias de Físicas de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Escuela Superior Politécnica, del Chimborazo, donde se realizaron las siguientes pruebas:

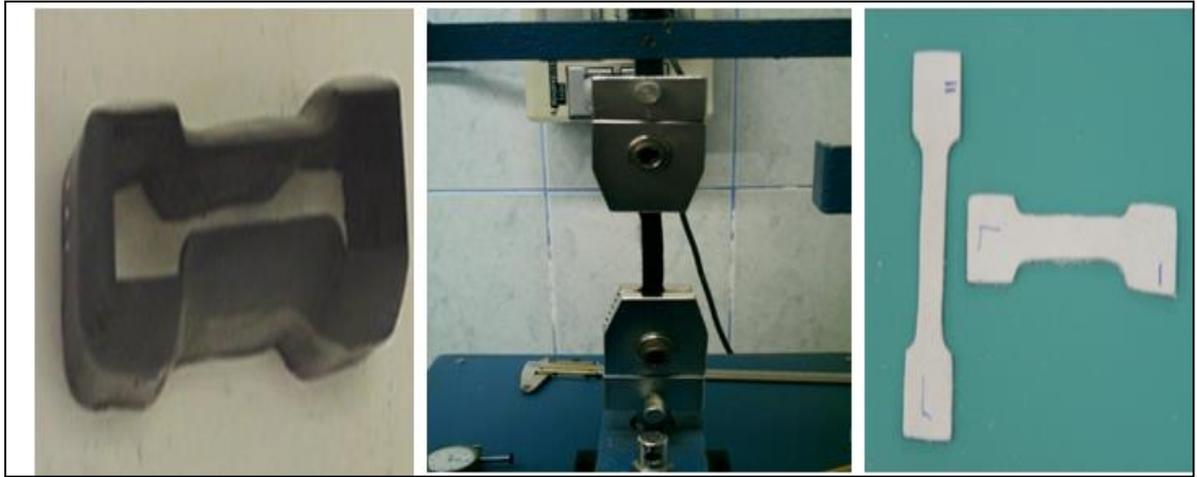
### **2.8.1. Resistencias físicas**

El análisis de las resistencias físicas debió ser lo más homogéneas y se tuvo mucha prolijidad en realizarlas, se tomó en cuenta los siguientes parámetros:

- Los resultados de los ensayos físicos dependieron de la dirección de corte de las probetas. Pero los efectos de la direccionalidad no son los mismos para todas las propiedades físicas.
- En ciertas áreas de la piel hay más diferencias direccionales en la estructura fibrosa que en otras. En las faldas, cuellos y culata son mucho más pronunciadas que en el centro del cuero.
- En general, las probetas cortadas paralelamente al espinazo dieron valores de resistencia a la tracción superior a las cortadas perpendicularmente cuando se han tomado cerca del espinazo. Pero esto no es así en toda el área del cuero: en la zona de las faldas cercana a las garras las direcciones preferenciales de los haces de fibras se curvan formando un ángulo casi recto con el espinazo. En esa región la mayor resistencia la presentan las probetas cortadas en perpendicular a la línea del espinazo.

#### **2.8.1.1. Resistencia a la tensión**

El objetivo de esta prueba fue determinar la resistencia a la ruptura, que se provocó al someter la probeta a un estiramiento que fue aplicado lentamente, al efectuarse el estiramiento se produjo el rompimiento de las cadenas fibrosas del cuero. En la figura 3-2, se ilustra el corte de la probeta de cuero.



**Figura 3-2:** Corte de la probeta de cuero.

Realizado por: Flores, Rafael 2018

En un ensayo de tensión la operación se realizó sujetando los extremos opuestos de la probeta y separándolos, la probeta se alargó en una dirección paralela a la carga aplicada, ésta probeta se colocó dentro de las mordazas tensoras y se cuidó que no se produzca un deslizamiento de la probeta porque de lo contrario se pudo falsear el resultado del ensayo. En la figura 4-2, se ilustra el troquel para realizar el corte de la probeta de cuero.



**Figura 4-2:** Troquel para realizar el corte de la probeta para el análisis de la resistencia a la tensión.

Realizado por: Flores, Rafael 2018

La máquina que se utilizó para realizar el test estuvo diseñada para:

- Alargar la probeta a una velocidad constante y continua
- Registrar las fuerzas que se aplican y los alargamientos, que se observan en la probeta.
- Alcanzar la fuerza suficiente para producir la fractura o deformación permanentemente es decir rota, como se ilustra en la figura 5-2.



**Figura 5-2:** Equipo para realizar la medición de la resistencia a la tensión.  
Realizado por: Flores, Rafael 2018

La evaluación del ensayo se realizó tomando como referencia en este caso la norma IUP 6, como se indica en el Tabla 9-2.

**Tabla 9-2:** Referencia de las norma IUP 6, para determinar la resistencia a la tensión.

Test o ensayos	Método	Especificaciones	Fórmula
Resistencia a la tensión o tracción	IUP 6	Mínimo 150 N/cm <sup>2</sup>	T= Lectura Máquina
		Óptimo 200 Kf/cm <sup>2</sup>	Espesor de Cuero x Ancho (mm)

Realizado por: Flores, Rafael 2018

Se procedió a calcular la resistencia a la tensión o tracción según la fórmula detallada a continuación:

Fórmula

$$Rt = \frac{C}{A \times E}$$

Rt = Resistencia a la tensión o tracción

C = Carga de la ruptura (Dato obtenido en el display de la máquina)

A = Ancho de la probeta

E = Espesor de la probeta

El procedimiento a seguir fue:

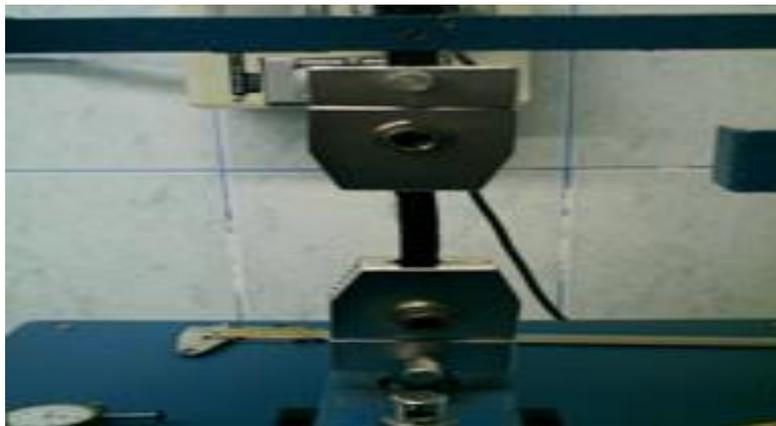
- Se tomó las medidas de la probeta (espesor), con el calibrador en tres posiciones, luego se tomó una medida promedio. Este dato nos sirvió para aplicar en la formula, cabe indicar que el espesor fue diferente según el tipo de cuero en el cual se realizó el test o ensayo.
- Se tomó las medidas de la probeta (ancho) con el pie de rey, y se efectuó la medición de la longitud inicial del cuero figura 6-2.



**Figura 6-2:** Medición de la longitud inicial del cuero.

Realizado por: Flores, Rafael 2018

- Luego se colocó la probeta entre las mordazas tensoras, como se ilustra en la figura 7-2.



**Figura 7-2:** Colocación de la probeta de cuero entre las mordazas tensoras.

Realizado por: Flores, Rafael 2018

- Posteriormente se prendió el equipo y procedió a calibrarlo. A continuación, se encendió el display (presionando los botones negros como se indica en figura 8-2; luego se giró la perilla de color negro-rojo hasta encender por completo el display).



**Figura 8-2:** Encendido del equipo.  
Realizado por: Flores, Rafael 2018

- Luego se puso en funcionamiento el tensiómetro de estiramiento presionando el botón de color verde como se indica en la ilustración de la figura 9-2.



**Figura 9-2:** Puesta en marcha del prototipo mecánico para medir la resistencia a la tensión del cuero

Realizado por: Flores, Rafael 2018.

#### 2.8.1.2. Porcentaje de elongación

El ensayo del porcentaje de elongación a la rotura se utilizó para evaluar la capacidad del cuero para aguantar las tensiones multidireccionales a que se encuentra sometido en sus usos prácticos. La elongación es particularmente necesaria en los cosidos, en los ojales, y en todas las piezas con orificios o entalladuras sometidas a tensión. Las normas y directrices de calidad de la mayor parte de curtidos especifican el cumplimiento de unos valores mínimos del porcentaje de elongación.

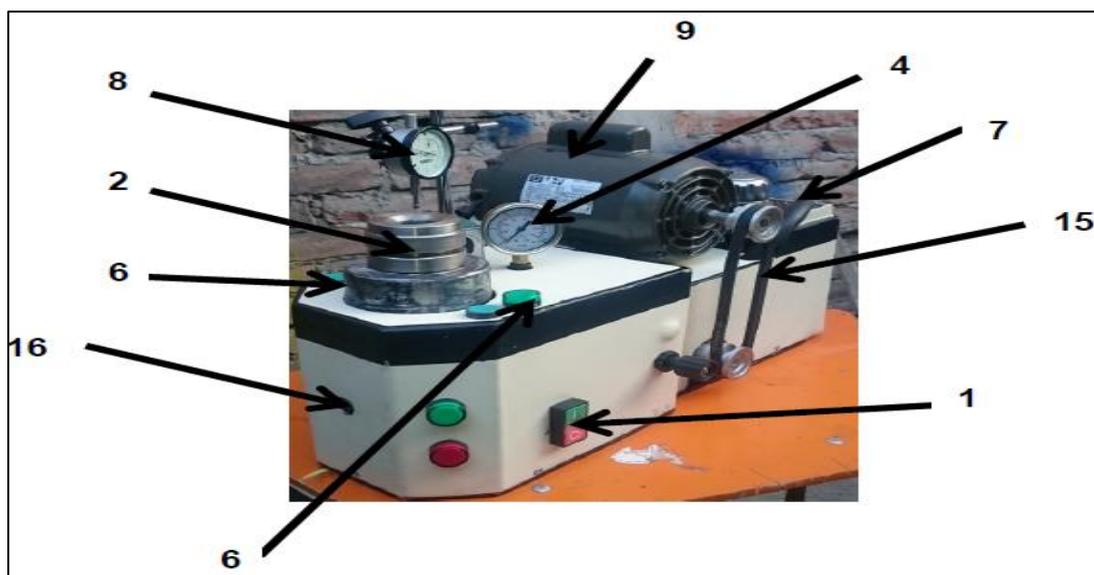
La característica esencial del ensayo es que, a diferencia de la tracción, la fuerza aplicada a la probeta se repartió por el entramado fibroso del cuero a las zonas adyacentes y en la práctica la probeta se comportó como si sufriera simultáneamente tracciones en todas las direcciones. Por ello el ensayo fue más representativo de las condiciones normales de uso del cuero, en las que éste se encuentra sometido a esfuerzos múltiples en todas las direcciones. Existen varios procedimientos para medir este porcentaje, pero el más utilizado es el método IUP 40 llamado

desgarro de doble filo, conocido también como método Baumann, en el que se mide la fuerza media de desgarro.

- Se cortó una ranura en la probeta.
- Los extremos curvados de dos piezas en forma de "L" se introdujeron en la ranura practicada en la probeta.
- Estas piezas fueron fijadas por su otro extremo en las mordazas de un dinamómetro como el que se usa en el ensayo de tracción.
- Al poner en marcha el instrumento las piezas en forma de "L" introducidas en la probeta se separaron a velocidad constante en dirección perpendicular al lado mayor de la ranura causando el desgarro del cuero hasta su rotura total.

### 2.8.1.3. Lastometría

Para asegurar el correcto funcionamiento del equipo y registrar resultados que sean precisos fue necesario seguir un manual de operación que dictó los protocolos necesarios para paso a paso realizar cada uno de los ensayos con la más alta reproducibilidad y exactitud. Para proceder a operar el equipo se recomendó que se informe previamente del ensayo registrado en la norma INEN 555 y la 557, para que pueda realizar el ensayo correspondiente. Los elementos constitutivos del equipo se ilustran en la figura 10-2.



**Figura 10-2:** Ilustración del equipo para medir la lastometría del cuero.

Realizado por: Flores, Rafael 2018

N°	Componente	N°	Componente
1.	Botonera de parar y poner en marcha.	2	Cabezal de pruebas.
3.	Cilindro de presión.	4.	Manómetro de presión
5.	Regulador de presión y caudal.	6.	Botoneras de accenso y descenso.
7.	Reservorio de aceite.	8.	Palpador micrométrico.
9.	Motor monofásico 0,75 Hp.	10.	Cilindro doble efecto de 3000 psi.
11.	Válvula 4/3 tipo Tandem	12.	Regulador de presión de 0 a 3000 psi.
13.	Sub-placa base 4 entradas dos salidas.	14	Conectores de alta presión.
15.	Sistema de transmisión por polea.	16.	Caja soporte.

Para operar el equipo y realizar los análisis físicos establecidos se ejecutó las siguientes tareas:

- Antes de conectar el equipo se limpió el mismo y se verificó que los cables se encuentren en buenas condiciones.
- Conectar el equipo utilizando la línea de tierra para evitar descargas por una variación en la tensión.
- Antes de operar el equipo verificar que la luz piloto de energía se encienda (de color rojo).
- Previamente preparó la probeta del cuero a evaluar considerando las directrices establecidas en la norma 555 de la INEN.
- Colocar la probeta en el cabezal de ensayo según la disposición de los enclaves de la matriz, y colocar el soporte de fijación de la probeta cuidando que los enclaves se orienten bien.
- Sujetar la piel de ensayo con la rosca de la matriz antes de encender el equipo y verificar que la sujeción de la probeta sea la adecuada, luego se debe colocar la base y el micrométrico para ejecutar la medida de longitud.
- Encender el equipo una vez que el micrométrico se encuentre en su posición adecuada y verificar que la luz piloto de color verde se encienda, ya que solo ahí se pueden activar las bobinas de la válvula tanto en ascenso como en descenso.
- Pulsar el botón de ascenso y verificar que la luz amarilla se encienda ya que ese es el indicativo de ascenso del pistón hidráulico, la velocidad de calibración del equipo es de 10 mm por cada segundo y una carga de diseño de 100 Kg, la presión de servicio opera entre 0 y 200 psi.
- Tener cuidado con el desplazamiento del pistón debido a que el micrométrico tiene una apreciación máxima de 10 mm.
- Una vez realizado el ensayo y la probeta haya sido satisfactoria en respuesta, desmontar el micrométrico y bajar el pistón hasta el punto inicial recordando que la presión debe

descender a cero para realizar una nueva prueba por lo tanto presionar el botón con la luz piloto verde. Desenroscar la hembra del cabezal y retirar la probeta para realizar un nuevo ensayo.

- Pulsar el botón de apagado antes de realizar otra prueba y verificar que la luz piloto roja de función se encienda.

## **2.8.2. *Análisis sensorial***

Para los análisis sensoriales se realizó una evaluación a través del impacto de los sentidos que son los que indicaron que características presentó cada uno de los cueros bovinos dando una calificación de 5 excelente, 4 muy buena; 3 buena; 2 regular y 1 baja; en lo que se refiere a blandura, grano de flor y tacto.

### **2.8.2.1. *Blandura***

La medición de la variable sensorial blandura se la realizó subjetivamente es decir el juez calificador tomó entre las yemas de sus dedos el cuero y realizando varias torsiones por toda la superficie tanto en el lomo como en las faldas determinó la suavidad y caída del cuero y se lo calificó en una escala que va de 1 que representa menor caída y mayor dureza a 5 que es un material muy suave y con buena caída, mientras tanto que valores intermedios fueron sinónimos de menor blandura.

### **2.8.2.2. *Grano de flor***

La evaluación del grano de flor se realizó por medio del toque con la yema de los dedos en la superficie del cuero para sentir la forma de los folículos pilosos de la capa flor del cuero, si estos folículos se presentaron cerrados el grano de flor es liso y fino y alcanzó una calificación alta (5 puntos), por el contrario, si el folículo piloso fue abierto el grano de flor es grueso y rugoso otorgándole una calificación baja y mientras más rugoso es el grano de flor es grosero.

### **2.8.2.3. *Tacto***

En todos los procesos de fabricación existen variaciones que pueden afectar la calidad final del producto, en el caso de la industria del cuero al trabajar con productos químicos y materia prima de diversas procedencias y calidades, estas variaciones se vuelven más subjetivas, que afectan directamente a las cualidades sensoriales del cuero. El tacto del cuero, fue una característica

vinculada al tipo de cuero y en especial a las propiedades distintivas de la capa superficial de acabado (se habla de tacto suave, frenante, seco, etc.) y al cuero considerado como un todo (cuero duro, blando, etc.). Por lo tanto, para evaluar la calificación sensorial de tacto se deslizó muy suavemente la palma de la mano sobre la superficie del cuero para identificar la sensación que este produce al juez, si fue suave y delicado el tacto se calificó con las puntuaciones más altas y si por el contrario produjo una sensación áspera, acartonada y a veces inclusive grosera, se los puntuó con las calificaciones más bajas.

## CAPITULO III

### 3. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Evaluación de las resistencias físicas de las pieles ovinas curtidas con diferentes productos para obtener un alto agotamiento del cromo

##### 3.1.1. Resistencia a la tensión

La evaluación de la resistencia a la tensión de las pieles ovinas reportó diferencias altamente significativas entre medias por efecto del curtido con distintos productos para el agotamiento del cromo, como resultado de ello las respuestas más altas se obtuvo con empleo de un sistema con glutaraldehído cuyas medias fueron de 1741,16 N/cm<sup>2</sup>, a continuación, se ubican los registros al curtir con la adición de resina catiónica para agotar el cromo, con valores de 1454,35 N/cm<sup>2</sup>, en comparación de las tensiones alcanzadas al curtir con cromo, con medias de 1174,44 N/cm<sup>2</sup>; como se indica en el Tabla 10-3 y se ilustra en el gráfico 3-3, por lo que con estas respuestas se afirma que al utilizar glutaraldehído se mejora la resistencia a la tensión del cuero ovino ya que produce un alto agotamiento en el baño de curtido del cromo.

**Tabla 10-3:** Evaluación de las resistencias físicas de las pieles ovinas curtidas con diferentes productos para obtener un alto agotamiento del cromo.

Variable	Productos para agotar el cromo en el baño de curtido			EE	Prob.	Sign.
	Cromo	Glutaraldehído	Resina catiónica			
Resistencia a la tensión, N/cm <sup>2</sup> .	1174,44 b	1741,16 ab	1454,35 a	82,35	0,0004	**
Porcentaje de Elongación, %.	75,00 c	93,44 b	81,88 a	1,05	<0.0001	**
Lastometría, mm.	8,20 a	9,53 ab	8,70 b	0,34	0,0394	*

Promedios con letras diferentes en la misma fila difieren estadísticamente según Tukey  $P < 0,01$ .

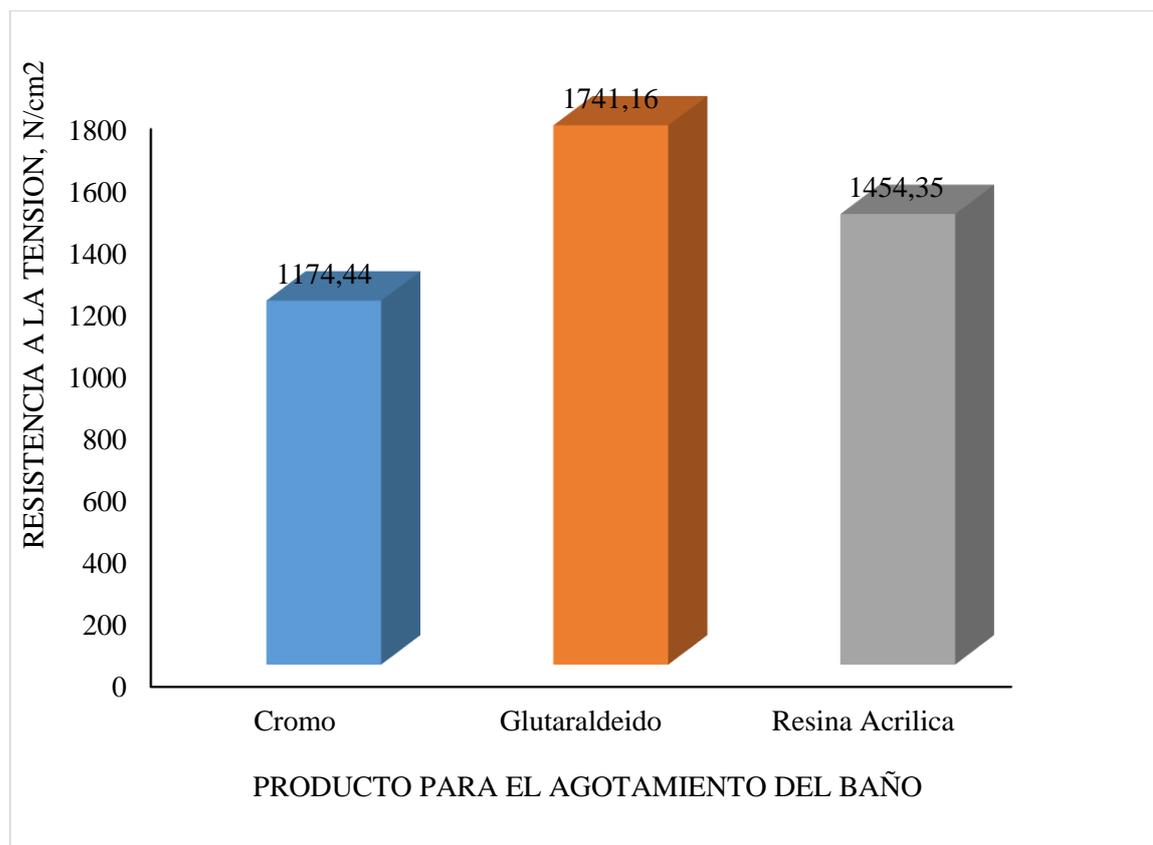
EE: Error estadístico.

Prob: Probabilidad.

Realizado por: Flores, Rafael 2018

Lo que tiene su fundamento en lo expuesto por (Soler,2002) quien menciona que el método de curtido se fue optimizando con el uso de herramientas de alto agotamiento de cromo, una de ellas son las resinas acrílicas se utilizan tanto en curtición como en recurtición, se puede usar el formaldehído con resinas de melanina, diciandiamida, etc, es necesario tomar en cuenta que se debe ajustar el pH según la resina, se deja absorber por la piel y se añade el formol, produciéndose una condensación in situ y así se llenan las zonas de la piel de estructura más vacía, proporcionando mayor resistencia al cueros. Las propiedades del cuero curtido con los dos métodos (convencional y de alto agotamiento), fueron comparadas y los resultados indican que el proceso con alto agotamiento empleando resinas acrílicas produce cueros con mejores características físicas.

Además, (Hidalgo,2004), indica que la resina acrílica permite una mayor combinación del grupo carboxílico del colágeno con el cromo trivalente elevando el agotamiento del baño del curtido, formando una red tridimensional más fuerte y resistente, de manera que soporte las fuerzas externas que se ejercen sobre la superficie, tanto en la confección como en el uso diario.



**Gráfico 3-3:** Resistencia a la tensión de las pieles ovinas curtidas con diferentes productos (resinas catiónicas y glutaraldehído), para obtener un alto agotamiento del cromo, en comparación de un tratamiento testigo (cromo).

Realizado por: Flores, Rafael 2018

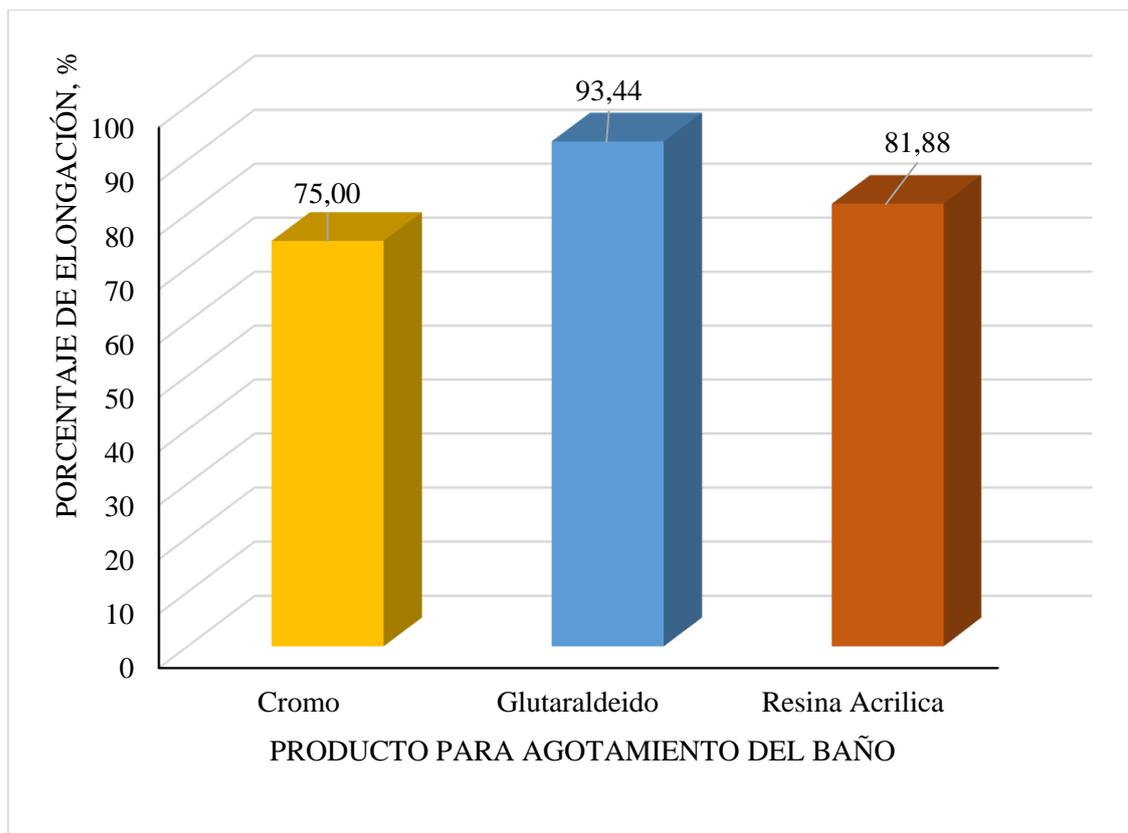
Los resultados expuestos de la resistencia a la tensión de los cueros ovinos cumplen con las normativas de calidad de la (AQEIC, 2002), que en su Norma Técnica IUP 6 (2002), infiere un límite de calidad que varía de 800 a 1200 N/cm<sup>2</sup>, antes de producirse el primer daño en la superficie del cuero, lo que es cumplido tanto en los productos que producen el agotamiento del cromo en el baño de curtido como al curtir en forma tradicional.

Los resultados expuestos de la resistencia a la tensión al ser comparadas con los registros de (Perez, 2019), que utilizó ácidos orgánicos para lograr el agotamiento del cromo y obtuvo medias de 1257,2 N/cm<sup>2</sup> para la resistencia a la tensión, así como de (Pilataxi, 2017), quien al curtir las pieles con resinas acrílicas para el agotamiento del cromo registró respuestas de 1217,95 N/cm<sup>2</sup>, son inferiores a las reportadas en la presente investigación, debido a que el agotamiento del cromo en el baño permite una máxima fijación del curtiente mineral cambiando las condiciones del baño y haciendo más reactivo el colágeno con el cromo, al tener una mejor curtición las pieles cambian sus características y le dan una mejor calidad a los cueros para las pruebas físicas con respecto a otros curtientes.

### ***3.1.2. Porcentaje de Elongación***

Los valores medios determinados por el porcentaje de elongación de las pieles ovinas registraron diferencias altamente significativas ( $P < 0,01$ ), por efecto de la utilización de diferentes productos para el agotamiento del cromo, en comparación de un tratamiento testigo (cromo), estableciéndose las mejores respuestas cuando se curtió las pieles con la adición de glutaraldehído para agotar el cromo, cuyas medias fueron de 93,44%, a continuación se reportaron las medias cuando se curtió las pieles ovinas con la adición de resina catiónica como producto para agotar el cromo, cuyas medias fueron de 81,88% en comparación de las respuestas más bajas en el grupo control (cromo), con resultados de 75,00% como se ilustra en el gráfico 4-3.

Es decir que el glutaraldehído logra un máximo agotamiento de las moléculas de sulfato de cromo además que aumentan la reactividad del colágeno permitiendo un máximo aprovechamiento del cromo III en el baño, con esto se asegura una curtición total y un cambio en la estructura fibrilar del colágeno con lo que se mejora las características finales de cuero.



**Gráfico 4-3:** Porcentaje de elongación de las pieles ovinas curtidas con diferentes productos (resinas catiónicas y glutaraldehído), para obtener un alto agotamiento del cromo, en comparación de un tratamiento testigo (cromo).

Realizado por: Flores, Rafael 2018

Las respuestas de la elongación tienen su fundamento en lo expuesto por (Vargas, 2013), quien menciona que el uso de resinas permite un agotamiento elevado del cromo lo que hace que el pH aumente durante la curtición, para que un mayor número de iones  $\text{OH}^-$  penetra en el complejo y la reactividad de la proteína se incrementa y tenga lugar la reacción de curtición. Al término de la basificación, la basicidad del complejo es alta y los iones  $\text{SO}_4^{2-}$  de la sal básica de cromo son parcialmente desplazados al igual que otros iones enmascarantes presentes, a medida que la proteína aumenta su afinidad por los complejos de cromo.

Esto permite incrementar las reacciones laterales del enlace peptídico y los iones de cromo cargado positivamente, controlando las condiciones de pH se logra ajustar las características finales del cuero, ya que se puede verificar si se quiere cueros con buenas prestaciones físicas permanecerán más tiempo en el baño y al momento de eliminar no existirá presencia de partículas de cromo ya que en su totalidad han reaccionado con el colágeno y con las partículas de resinas acrílicas. El problema del proceso convencional de curtido, radica en la gran cantidad de efluente generado y la carga contaminante presente en el mismo (principalmente  $\text{Cr}^{3+}$ , procedente de la sal

de Sulfato de Cromo trivalente usada como agente curtiente), produciendo que los residuos líquidos de la curtiembre sean depositados al alcantarillado con menor carga contaminante.

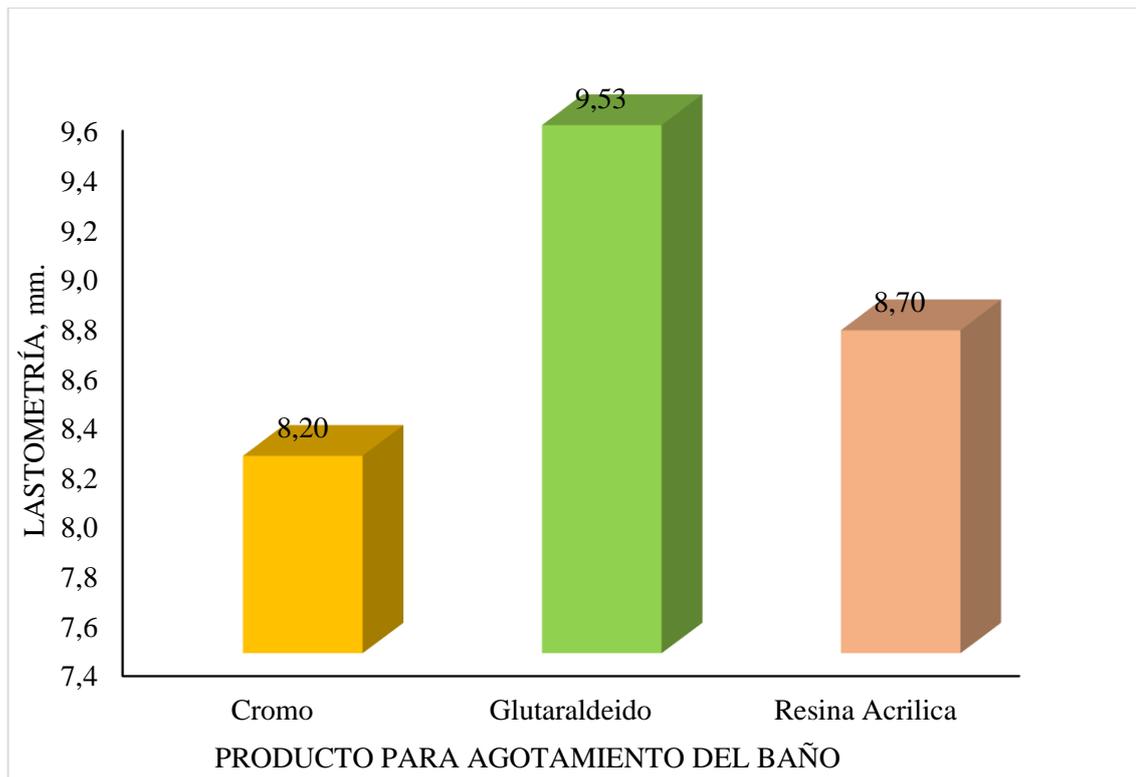
El porcentaje de elongación determinado por los cueros ovinos de la presente investigación cumple con la Norma Técnica IUP 6 (2002), de la (AQEIC, 2002), que manifiesta que la elongación promedio debe estar entre 40 a 80 %, para considerar cueros de primera calidad, condición que está siendo cumplida en los tres tratamientos incluido el testigo, pero que es más evidente en los resultados de los cueros a los que se aplicó resinas acrílicas.

De acuerdo con las respuestas obtenidas en la presente investigación se realizó la comparación con lo que reporta (Cachote, 2012), quien para el porcentaje de elongación reporto medias de 86,10% cuando realizo la curtiembre de las pieles con la adición de 2% de glutaraldehído, además comparando con las respuestas que reporto (Auquilla, 2012) quien obtuvo para porcentajes de elongación promedio de 78,27%, estas respuestas son inferiores a las que se reportó en la presente investigación, esto como resultado del ajuste de pH que proporciona las resinas acrílicas en el baño de curtiembre, que permite las reacciones laterales de la piel con el cromo y en pH de 4-4.5 estas reacciones producen la fijación y con esto aumentan la astringencia de la piel generándose una curtiembre estable y con excelentes características.

### **3.1.3. Lastometría**

La evaluación estadística de la lastometría de los cueros ovinos registró diferencias altamente significativas ( $P < 0,01$ ), entre medias, por efecto del agotamiento de cromo con diferentes productos en comparación de un tratamiento testigo, determinándose las mejores respuestas en el grupo control, cuyas medias fueron de 9.53 mm, a continuación se obtuvo las respuestas cuando se utilizó glutaraldehído para agotar el cromo, con medias de 9,53 mm y las respuestas más bajas se reportaron cuando se curtió las pieles ovinas con la adición de cromo, cuyas medias fueron de 8.20 mm, como se ilustra en el gráfico 5-3.

Es decir que al comparar el sistema tradicional (cromo), con la aplicación con resinas catiónicas y glutaraldehído los resultados más altos se consiguen al curtir con glutaraldehído, debido a que al darse la transformación y de piel en cuero pueden interferir en las reacciones de curtiembre y se disminuye la capacidad del cuero para soportar la fricción o rozamiento con cuerpos extraños.



**Gráfico 5-3:** Lastometría de las pieles ovinas curtidas con diferentes productos (resinas catiónicas y glutaraldeído), para obtener un alto agotamiento del cromo, en comparación de un tratamiento testigo (cromo).

Realizado por: Flores, Rafael 2018

Los resultados de la presente investigación son entendibles según lo que indica (Herfeld,2004), quien manifiesta que la finalidad de la curtición al cromo es estabilizar la proteína frente a la descomposición bacteriana y a los agentes externos, mediante la reacción de productos polifuncionales de peso molecular medio. Por su capacidad de reaccionar con más de una molécula de colágeno, sin embargo, para que la piel alcance una absorción de cromo adecuada, es necesaria la implementación de un proceso de curtido con alto agotamiento del mineral curtiente para evitar daños ambientales a las personas, flora y fauna circundante.

La aplicación de productos para conseguir el agotamiento alto de cromo sirven para que las moléculas de colágeno quedan hinchadas en su totalidad y reducen el espacio interfibrilar lo que ocasiona que al aplicar fuerzas multidireccionales (simulación de la prueba Lastometría) estas se encuentran muy friccionadas y se rompen, pero al ser las respuestas satisfactorias a las demás pruebas físicas y permitiendo un máximo aprovechamiento del cromo esta técnica es viable para la curtición de pieles ovinas, sobre todo desde el punto de vista ambiental.

Las respuestas de la lastometría de los cueros ovinos cumplen con la Norma Técnica IUP 6 (2002), emitida por la (AQEIC,2002), quien manifiesta que para considerarse cueros de buena calidad los valores de lastometría no deben ser inferiores a 7,5 mm, condición que está siendo cumplida al utilizar los dos productos para conseguir el agotamiento alto de cromo en el baño de curtido así como también en el tratamiento control en el cual se realiza una curtición tradicional es decir únicamente con cromo trivalente.

Los valores medios alcanzados de lastometría en la presente investigación al ser comparados con los reportes de (Sanchez,2017) quienes registraron para lastometría de las pieles ovinas medias de 11.03 mm cuando realizaron la curtición con sulfato de cromo recuperado, así como de (Pungaña,2017) quien para la lastometría reportó valores de 9.61 mm con la adición de 2% de acomplejante al curtido con sulfato de cromo, son mayores a las reportadas en la presente investigación por lo que para la prueba lastometría el uso de productos de agotamiento debe ser controlado, para conseguir una mayor fijación del cromo.

### **3.2. Evaluación de las calificaciones sensoriales de las piles ovinas curtidas con diferentes productos para obtener un alto agotamiento del cromo**

#### **3.2.1. Blandura**

En el análisis de la blandura de los cueros ovinos se reportaron diferencias altamente significativas, según el criterio Kruskal Wallis ( $P = 0.001$ ), por efecto de la utilización de dos productos para el agotamiento del cromo, en el baño de curtido estableciéndose las mejores respuestas cuando se agotó el baño de curtido de curtido con glutaraldehído con resultados de 5,0 puntos y calificaciones excelente de acuerdo a la escala de, (Hidalgo, 2018), en comparación de las medianas registradas en el proceso de curtición tradicional con respuestas de 3.5 puntos, y calificación buena según la mencionada escala, en tanto que los resultados más bajos fueron registrados cuando se adicionó al baño de curtido para el agotamiento las resinas catiónicas con medianas de 2 puntos y calificación baja, como se indica en el Tabla 11-3.

De los resultados expuestos se puede afirmar que para mejorar la blandura del cuero se deberá añadir al baño de curtido con sulfato de cromo glutaraldehído para conseguir el agotamiento del baño la fijación del cromo.

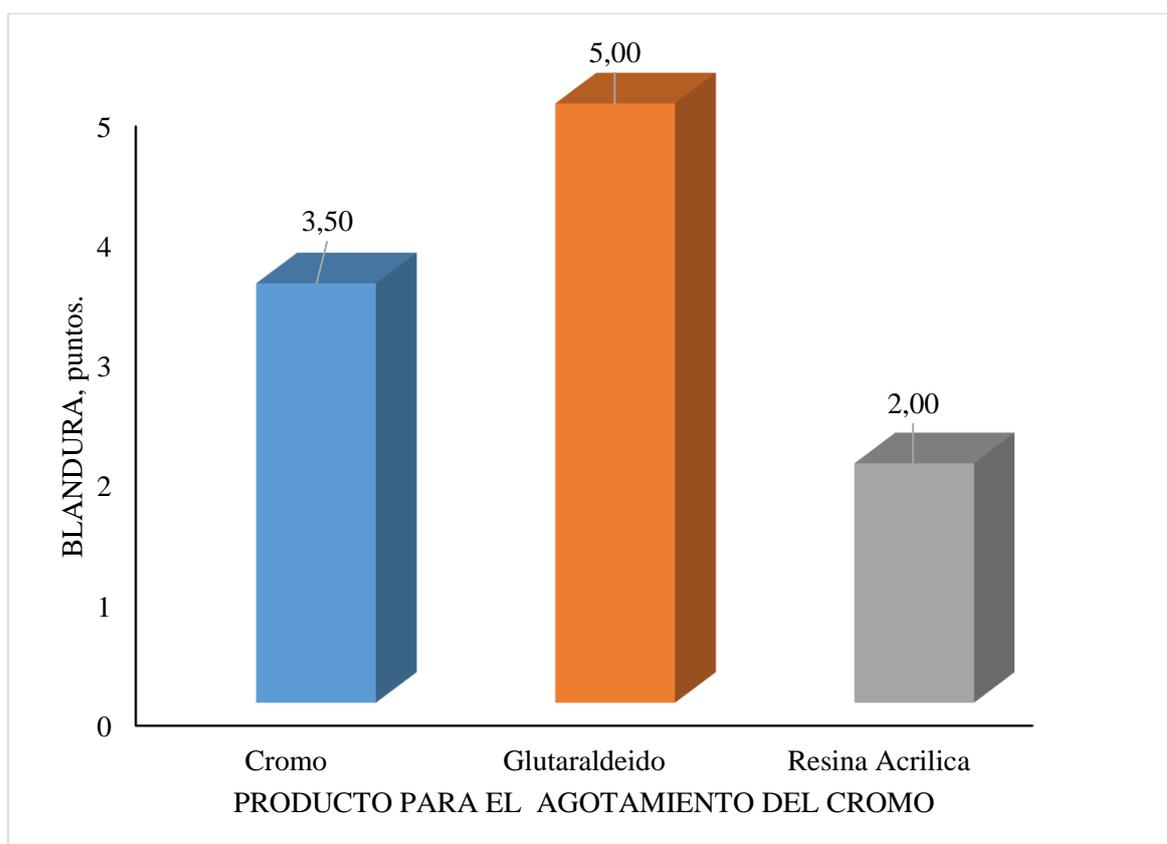
**Tabla 11-3:** Evaluación de las calificaciones sensoriales de las pieles ovinas curtidas con diferentes productos para obtener un alto agotamiento del cromo.

Variable	Productos para el agotamiento del Cuero			EE	Prob.	Sign.
	Cromo	Glutaraldeido	Resina cationica			
Blandura, puntos.	3.5 b	5 a	2 b	0.27	0.0007	**
Grano de flor, puntos.	3 b	4.5 a	3 b	0.17	0.0009	**
Tacto , puntos.	4 a	5 b	2.5 c	0.19	0.0001	**

\*\*\*: Las diferencias son altamente significativas según el criterio Kruskal - Wallis.

\*: Promedios con letras diferentes en la misma fila difieren estadísticamente según Tukey ( P < 0,01).

Realizado por: Flores, Rafael 2018



**Gráfico 6-3:** Blandura de las pieles ovinas curtidas con diferentes productos (resinas catiónicas y glutaraldeído), para obtener un alto agotamiento del cromo, en comparación de un tratamiento testigo (cromo).

Realizado por: Flores, Rafael 2018

Las respuestas obtenidas en la presente investigación cumplen con los parámetros que indica (Adzet, 2005, p.78), quien menciona que el glutaraldehído como producto para el agotamiento del cromo en el baño de curtido, por su naturaleza química logra una mayor basicidad del cromo ya que actúa donando sus electrones permitiendo una mayor cantidad de grupos hidroxilos disueltos en el seno de la reacción, entonces se produce una curtición más profunda, provocando que la piel se presente más rellena entre las fibras de colágeno, y por consiguiente se presentaran más separadas entre sí, con lo cual consigue una piel más blanda, suave y con muy buena caída.

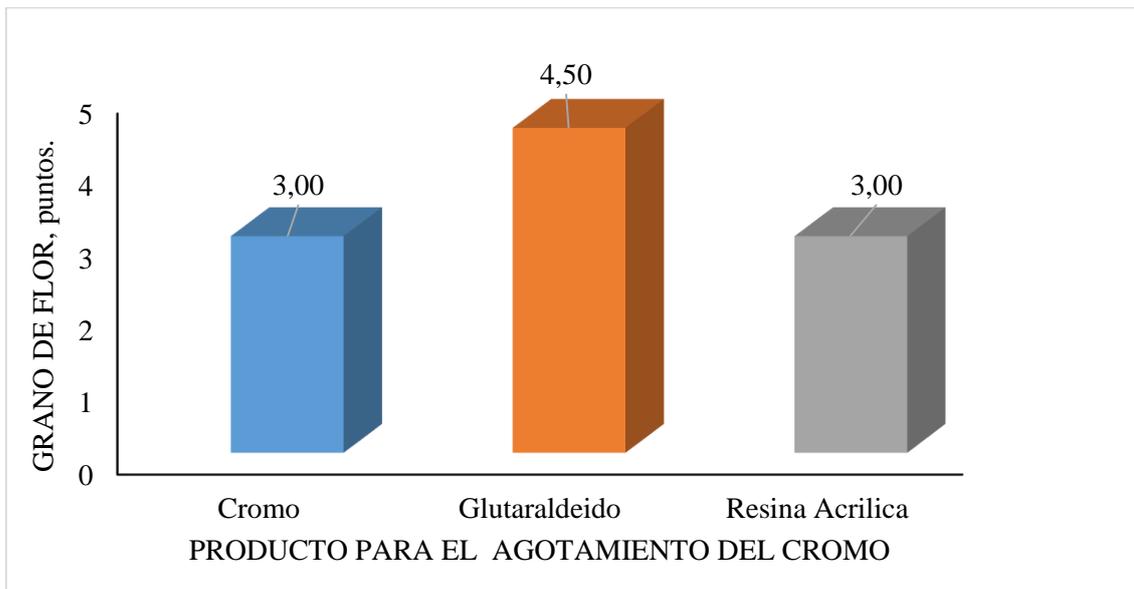
Al comparar las respuestas a la prueba blandura con las que reporta (Garces, 2017, p.78), quien obtuvo en pieles ovinas medias de 4.63 puntos y calificación excelente cuando curtió las pieles con glutaraldehído sin el uso de cromo, mientras que (Sañay, 2017, p.96), reportó medias de 4.75 puntos cuando realizó la curtición de pieles ovinas con una curtición combinado de tara y glutaraldehído, estas respuestas son inferiores a las de la presente investigación debido que el aldehído está actuando como agente auxiliar de curtición en comparación con las otras investigaciones, el aldehído permite ajustar las condiciones de basicidad del cromo y con lo cual lo deja en condiciones óptimas para lograr una máxima penetración en el cuero permitiendo mejorar la blandura, ya que se sentirá el cuero compacto en todo el lado flor, enmascarando posibles errores que se tenga por efecto de la piel o de los procesos de ribera y que disminuya la blandura de los cueros.

### **3.3.2. Grano de flor**

Los valores de la mediana reportados por la calificación sensorial grano de flor, reportaron diferencias altamente significativas ( $P = 0.001$ ), según el criterio Kruskal Wallis, por efecto de la utilización de diferentes productos para el agotamiento del baño de curtido de las pieles ovinas, estableciéndose las mejores respuestas cuando se curtió con glutaraldehído para agotar el cromo del baño de curtido, cuyas respuestas fueron de 4.50 puntos según la escala propuesta por, (Hidalgo, 2018, p.54), a continuación se reportaron valores semejantes con la adición de resinas acrílicas para agotar el cromo del baño de curtido, puesto que los resultados fueron de 3 puntos y condición buena según la mencionada escala en comparación del tratamiento testigo que registró puntuaciones de 3 puntos y condición buena como se ilustra en el gráfico 7-3.

De acuerdo con lo expuesto anteriormente se puede establecer que para mejorar el grano de flor de las pieles ovinas se debe curtir con glutaraldehído para agotar el cromo del baño de curtido-esto permite la máxima interacción del cromo con el enlace peptídico del colágeno, con lo que al final en el baño la concentración de cromo va a ser mínima ya que todo se ha fijado en la piel,

esto cambia las características normales de las pieles y otorga una curtición con excelentes prestaciones.



**Gráfico7-3:** Grano de flor de las pieles ovinas curtidas con diferentes productos (resinas catiónicas y glutaraldehído), para obtener un alto agotamiento del cromo, en comparación de un tratamiento testigo (cromo).

Elaborado: Flores, Rafael 2018.

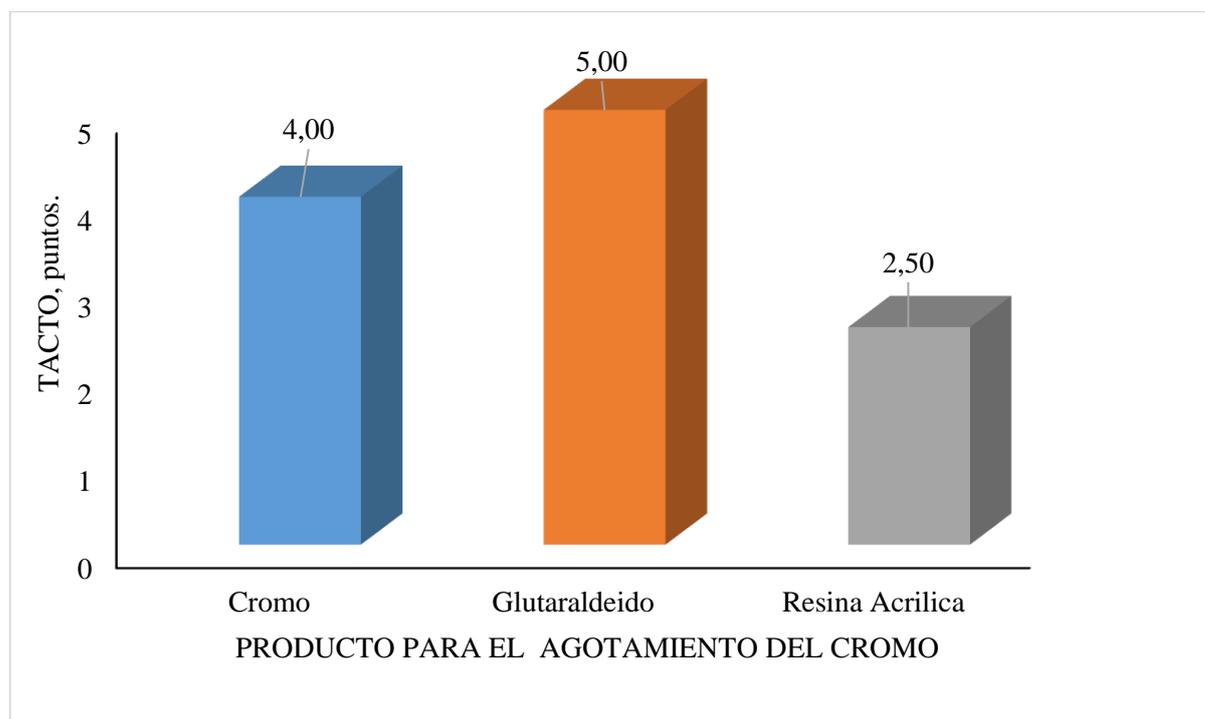
Los resultados tienen su fundamento en lo expuesto por (Soler, J., 2004, p.75), quien manifiesta que el glutaraldehído (GDA), es un producto muy eficiente en el curtido y precurtido. En curtición se puede usar el combinado con resinas de melanina, diciandiamida, etc, se procede al ajuste del pH según la resina, se deja absorber por la piel y se añade el formol, produciéndose una condensación "in situ" y así se llenan las zonas de la piel de estructura más vacía. Esta degradación mejora la plenitud, llenura y esponjosidad del cuero, debido a que le proporciona estabilidad frente a la degradación enzimática, aumento de la resistencia frente a productos químicos; aumento de la temperatura de encogimiento y de la estabilidad en agua caliente; disminución o anulación de la capacidad de hinchamiento; aumento de las propiedades de resistencia; disminución de la densidad por el aislamiento de las fibras; disminución de la deformabilidad por presentarse una llenura ideal; disminución del encogimiento en volumen, superficie y grosor; aumento de la porosidad de las fibras de colágeno.

### 3.3.3. *Tacto*

En el análisis de la prueba sensorial tacto de las pieles ovinas se reportaron diferencias altamente significativas ( $P = 0,0001$ ), según el criterio Kruskal Wallis, por efecto de la aplicación de diferentes productos para el agotamiento del cromo en el baño de curtido comprando con un

tratamiento control, en que se utilizó cromo, estableciéndose las mejores respuestas en el grupo que se agotó el baño con glutaraldehído, cuyas medias fueron de 5,0 puntos y calificación excelente, de acuerdo a la escala propuesta por Hidalgo, L. (2018), en comparación de los resultados cuando se curtió con el tratamiento control (cromo), para agotar el baño de curtido, con valores de 4,0 puntos, mientras tanto que las respuestas más bajas se consiguieron cuando se curtió con un sistema de alto agotamiento al que se le incorporó resinas catiónicas cuyos resultados fueron de 2.50 puntos y condición baja según la mencionada escala, como se ilustra en el gráfico 8-3.

De acuerdo con las respuestas expuestas en líneas anteriores se puede afirmar que para mejorar el tacto de las pieles ovinas se debe curtir con un sistema de curtición aplicando glutaraldehído, ya que este logra una mejor interacción con el colágeno y permite ubicar a las moléculas de cromo en el entramado fibroso sintiéndose así mejor tacto de las pieles, sin embargo existe el problema ambiental que se produce al no agotar el cromo que va ser derivado hacia las redes de alcantarillado y por lo tanto se contamina el ambiente que circunda al taller donde se produce la transformación de piel en cuero.



**Gráfico 8-3:** Tacto de las pieles ovinas curtidas con diferentes productos (resinas catiónicas y glutaraldehído), para obtener un alto agotamiento del cromo, en comparación de un tratamiento testigo (cromo).

Elaborado: Flores, Rafael, 2018

Las respuestas expuestas de la variable sensorial tacto de los cueros ovinos se interpretan de acuerdo a lo que indica La Casa Comercial Bayer, quien menciona que la cantidad de baño que se utiliza en curtición influye en la hidrólisis y reactividad de la sal de cromo. Las soluciones concentradas contienen mayor cantidad de complejos aniónicos y no iónicos. En principio, al aumentar la concentración de la sal de cromo parece que debería haber una mayor fijación, no obstante, como desaparecen complejos catiónicos disminuye la reactividad del cromo con la piel. La piel curtida al cromo seca posee en su interior un gran número de espacios vacíos en forma de canales microscópicos localizados entre las fibras curtidas. Estos poros permiten que los cuerpos gaseosos tales como el aire y el vapor de agua puedan pasar a su través con relativa facilidad, es lo que se denomina permeabilidad a los gases y al vapor de agua. El objetivo secundario de la curtición al cromo es conferir una serie de propiedades a la piel como son: plenitud, tacto, elasticidad, finura de flor, etc.

Las repuestas comparadas con las que reporta (Pungaña, J., 2017, p.74), quien obtuvo calificaciones de tacto de 5.0 puntos cuando curtió las pieles caprinas con sulfato de cromo en combinación con taninos sintéticos, además comparadas con las que reporta (Pérez, J., 2018, p.95, quien obtuvo resultados de 4.67 puntos cuando adiciono a la curtición de cromo ácido orgánico, son inferiores a las de la presente investigación debido a que los autores citados utilizan un agente curtiente auxiliar además del cromo, permitiendo así que el curtiente mineral logre penetrar y así reaccionar con el colágeno, mientras que solo el cromo como curtiente o con productos para su agotamiento no penetra en totalidad en el entramado fibrilar con esto no se ubica en las faldas y lugares más complejos, con lo que el cuero al tacto no se siente natural y disminuye su calificación.

### **3.4. Evaluación económica**

La evaluación económica de la producción de 24 pieles ovinas que se curtió con diferentes productos para agotar el baño de curtido reportó como egresos producto de la compra de pieles, productos químicos para cada uno de los procesos de ribera, curtido y acabado, así como la confección de artículos finales valores de \$122.23 ; \$124.23 y \$126.23, en los cueros curtidos con cromo y al utilizar resinas y glutaraldehído para agotar el cromo en el baño de curtido, como se indica en el Tabla 12-3.

Además, se indica que el costo de producción fue de \$2.24; 2.13 y 2.09, en el lote de cueros del grupo control y al agotar el cromo con glutaraldehído y resinas catiónicas respectivamente. Una vez que se obtuvo los cueros se procedió a la confección de artículos finales que correspondieron

a calzado y venta del cuero sobrante estableciéndose como ingresos valores de \$150.97; \$165.50 y \$170.98; en los cueros curtidos con cromo y al utilizar resinas y glutaraldehído respectivamente.

Una vez determinados los ingresos y egresos se procedió al cálculo de la relación beneficio costo que fue la más alta al agotar el baño de curtido con glutaraldehído debido a que el valor fue de 1,35 decir que por cada dólar invertido se espera una ganancia de 35 centavos, y que desciende a 1,23 y 1,33 al utilizar cromo y resinas en su orden es decir que por cada dólar invertido se espera una rentabilidad de 23 y 33 centavos respectivamente. De los resultados expuestos se afirma que las ganancias registradas son alentadoras debido a que se consigue un material de primera calidad que puede ser competitivo en mercados no solo nacionales sino también internacionales, convirtiéndose en una actividad muy alentadora sobre todo en los tiempos actuales que la economía del país está atravesando momentos difíciles, y al curtir los cueros con glutaraldehído para agotar el cromo se consigue un material amigable con el ambiente que le proporciona un valor agregado, a la industria curtidora.

**Tabla 12-3:** Evaluación económica de los cueros curtidos con diferentes productos, para obtener un alto agotamiento del cromo.

Concepto			
	Cromo	Resinas	Glutaraldehído
Pieles Ovinas	8	8	8
Costo por unidad de piel Ovina, USD.	5	5	5
Valor total de pieles de Ovina, USD.	40	40	40
Productos para el remojo y descarnado, USD.	12.95	12.95	12.95
Productos para curtido USD	15.5	17.5	19.5
Productos para engrase, USD.	18.5	18.5	18.5
Productos para acabado, USD.	15.28	15.28	15.28
Alquiler de Maquinaria, USD.	20	20	20
<b>TOTAL DE EGRESOS</b>	<b>122.23</b>	<b>124.23</b>	<b>126.23</b>
Confección de artículos, USD.	60	60	60
Total de cuero producido, pie <sup>2</sup> .	54.57	58.2	60.39
Costo cuero producido pie <sup>2</sup> .	2.24	2.13	2.09
Cuero utilizado en confección , pie <sup>2</sup> .	18	18	18
Excedente de cuero, pie <sup>2</sup> .	36.57	40.2	42.39
<b>INGRESOS</b>			
Venta de excedente de cuero, USD.	130.97	145.5	150.975
Venta de artículos confeccionados, USD.	80	80	80
<b>Total de ingresos, USD.</b>	<b>150.97</b>	<b>165.5</b>	<b>170.98</b>
<b>Beneficio costo,</b>	<b>1.23</b>	<b>1.33</b>	<b>1.35</b>

Realizado: Flores, Rafael, 2018.

## 5. CONCLUSIONES

- Los resultados más altos en lo que respecta a la resistencia a la tensión porcentaje de elongación y lastometría se consiguió al utilizar glutaraldehído.
- La evaluación sensorial del cuero ovino demostró que al adicionar en el baño de curtido el glutaraldehído se mejora la blandura (5 puntos), y el grano de flor ( 4,5 puntos).
- Los costos de producción más bajos se registraron al utilizar el glutaraldehído puesto que cada pie<sup>2</sup> registro un valor de 2,09 dólares americanos así como la mejor rentabilidad económica.

## **5. RECOMENDACIONES**

- Utilizar glutaraldehído para mejorar el aspecto físico y conseguir mayores resistencias físicas.
- Efectuar el agotamiento del cromo con glutaraldehído en la curtición de pieles como son caprinos, bovinos especies menores, entre otras.
- Evaluar la concentración adecuada de glutaraldehído para conseguir el total agotamiento del cromo en el baño de curtido de las pieles.
- Difundir los resultados alcanzados en la investigación para evitar la deposición de residuos altos en cromo que deterioran el medio ambiente.

## BIBLIOGRAFIA

- Adzet, J. (2005). *Química Técnica de Tenerife. I.* Igualada, España: : Romanya-Valls.
- Andrade, G. (2006). *Informe de Prácticas II de tecnología del Cuero.* Riobamba:Escuela Superior Politecnica De Chimborazo (ESPOCH).
- Ángulo, A. (2007). *Guía Empresarial del Medio Ambiente, Comisión Relocalización y Reconversión de la Pequeña y Mediana Empresa.* (1.Ed.) Barcelona, España: Edit. Modulineas.
- AQEIC. ( 2002). Normas técnicas para medir las resistencias físicas del cuero . Igualada, España : Asociación Química Española de la Industria del Cuero.  
[12 de Enero 2018]
- Artigas, M. (2007). *Manual de Curtiembre. Avances en la Curtición de pieles.* (1.Ed.) Barcelona, España : Latinoamericana..
- Auquilla, M. (2012). “Curtición de pieles ovinas con tres niveles de glutaraldehídos en la obtención de cuero para marroquinería”. *Tesis para optar el grado de Ingeniera Zootecnista.* Escuela Superior Politecnica de Chimborazo, Riobamba, Chimborazo, Ecuador .
- Bacardit, A. (2004). *Diseño de un proceso combinado de curtición. Química Técnica del Cuero.* (1. Ed.) Cataluña,, España: Edit COUSO.
- Bermeo, M. (2006). *La importancia de aprender la tecnología del cuero .* Bogotá, Colombia: Edit Universidad Nacional de Colombia.

- Boccone, R. ( 2017). *Tecnicas del acabado del cuero*. Obtenido de <http://www.biblioteca.org.ar/libros/cueros/tecnicacuero.htm>.  
[12 de Diciembre 2018]
- Bodero, T. (2017). *La piel de los animales domésticos*. Obtenido de <https://tomasbodero.com/es/content/la-piel.html>  
[17 de Noviembre 2018]
- Bursch. (2015). *Estructura y funciones de la piel ovina.. [En línea]*. Obtenido de <http://www.saber.ula.ve>.  
[12 de Julio 2018 ]
- Bursch, C. (2015 ). *Estructura y funciones de la piel ovina*. Obtenido de <http://www.saber.ula.ve>.  
[16 de Noviembre 2018 ]
- Buxadé, C. (2004). *Producción Ovina. En Zootecnia: bases de producción animal*. (Vol. Tomo VIII.). (2.Ed.) Madrid, España.: Mundi Prensa.
- Cachote, V. (2012). *Elaboración de cuero plena flor para calzado con la utilización de diferentes niveles de glutaraldehído en la precurtición”. tesis para optar al grado de ingeniera en industrias pecuarias*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Chimborazo, Ecuador .
- Churata, M. (2018). *Diferentes metodos de Curtición de pieles*. Obtenido de 2003: <http://www.anderquim.com>.  
[10 de Noviembre 2018]

- Cotance, C. (2004). *Ciencia y Tecnología en la Industria del Cuero*. (1.Ed.) Igualada, España: Curtidores Europeos.
- Dellman, H. (2009). *Histología Veterinaria*. Zaragoza, España: Edit Acribia.
- Estocolmo, J. (2012). *La industria de los cueros “Estudio para conocer los potenciales impactos ambientales y vulnerabilidad relacionada con las sustancias químicas y tratamiento .*  
<http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/03/PART2.pdf>.  
 [23 de Febrero de 2018]
- Font, J. (2005). *Industria de la Curtiembre. En Análisis y ensayos en la industria del cuero*. (2.Ed.) Igualada, España : CETI.
- Fontalvo, J. (2009). *Características de las películas de emulsiones acrílicas para acabados del cuero*. Medellín, Colombia: Edit. Rohm and Hass.
- Frankel, A. (2009). *Manual de Tecnología del Cuero*. (1a, Ed.) Buenos Aires, Argentina: Albatros.
- Ecuador. Facultad de Recursos Naturales . (2015). Registros metereologicos del cantón Riobamba. Riobamba, Chimborazo, Ecuador: Estación Agrometeorológica de la F.R.N. de la Escuela Superior Politecnica De Chimborazo ESPOCH (2015).
- Gansser, A. (2006). *Manual del Curtidor*. (4a.Ed.) Barcelona, España: Edit Gustavo Gili S.A.
- Garcés, S. (2017). Comparación de diferentes tipos de curtientes para el curtido de pieles caprinas”. *Tesis para alcanzar el título de ingeniera en industrias pecuarias*. Escuela Superior Politecnica de Chimborazo, Riobamba, Chimborazo, Ecuador .

- Gracminar, P. (2014.). *Posibilidades de reducir el contenido en cromo de las aguas residuales.* .  
Obtenido de <http://www.cica.org.ar>.  
[29 de Enero de 2018]
- Gratacos, E. (2013). *Tecnología Química del Cuero.* (1. Ed.) Barcelona, Espana:Edit Portavella.
- Graves, R. (2007). *La materia prima y su conservación.* (2. Ed.) Igualada, España: Penelope.
- Herfeld, H. (2004). *Investigación en la mecanización racionalizacion y automatización de la industria del cuero.* (2. Ed.) Rusia, Moscú : Edit Chemits.
- Hidalgo, L. (2004). *Texto básico de Curtición de Pieles.* . (1.Ed.) Riobamba , Chimborazo, Ecuador .
- Jones, C. (2002). *Manual de Curtición Vegetal.* (2.Ed.) Buenos Aires, Argentina: Edit LEMIN.
- Lacerca. (2003). *Curtición de Cueros y Pieles.* (2.Ed.) Buenos Aires, Argentina: Edit Albatros.
- Lacerca, M. (2003). *Tecnología del Cuero.* (2.Ed.) Buenos Aires,, Argentina: Edit Lacheta.
- Luneti, P. (2014). *Baños de curtido con alto agotamiento de cromo.* . Obtenido de <http://www.polypur.cl/poliuretano-aislante.html>.2017.  
[16 de Septiembre de 2017]

- Manrique, A. (2014. ). *Alternativa de proceso de curtido con alto agotamiento de Cromo para las curtiembres tradicionales de la ciudad de Cochabamba*. Obtenido de [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1683-07892017000](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892017000). [26 de Octubre de 2018]
- Mendoza, A. (2014.). *Composición química del glutaraldehído*. . Obtenido de <http://wwwfcmjtrigo.sld.com>. [10 de Noviembre de 2018]
- Ollé, L. (2003). *Técnicas especiales de curtido*. (1.Ed.) Igualada, España. Edit CETI.
- Perez, J. (2019). “Influencia del uso de ácido orgánico (acomplejante) en el baño de curtido sobre la calidad final del cuero. *Tesis para Ingeiero Zootecnista* . Escuela superior Politecnica de Chimborazo, Riobamba , Chimborazo, Ecuador .
- Pilataxi, A. (2017). “Utilización de precurtiente resínico en combinación con diferentes niveles de sulfato de aluminio para la curtición de pieles ovinas en la obtención de cuero para calzado”. *Tesis de grado para obtener el titulo de Ingeniera en Indutrias Pecuarias* . Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, Riobamba , Chimborazo, Ecuador .
- Pungaña, J. (2017). “Aplicación de diferentes niveles de producto acomplejante en el baño de curtido al aluminio de pieles caprinas”. *Tesis para obtner el titulo de Ingeniero Zootecnista*. Escuela Superior Politécnica De Chimborazo,, Riobamba, Chimborazo, Ecuador .
- Romaneshu, G. (2016). *Características del cuero curtido al vegetal*. Obtenido de <http://www.cuerovegeíai2012.blogspot.com>. [05 de Abril de 2018]

- Sagñay, E. (2017). “utilización dCombinación de tres curtientes, en el adobe de pieles de cabra para calzado”. *Tesis para optar por el título de Ingeniero En Industrias Pecuarias*. escuela Superior Politécnica De Chimborazo, Riobamba, Chimborazo, Ecuador .
- Sanchez, R. &. (2017). “Diseño e implementación de un prototipo mecánico para la recuperación de cromo utilizado en la curtición de pieles”. *Tesis para obtener el grado de Ingenieras en Industrias Pecuarias*. Escuela Superior Politecnica de Chimborazo, Riobamba, Chimborazo, Ecuador .
- Schorlemmer, P. (2002). *Resistencia al frote del acabado del cuero*. (1.Ed.) Asunción, Paraguay: Edit PSCHORLEMMER.
- Soler, J. (2002). *Procesos de Curtido*. (2.Ed.) Barcelona, España. Edit CETI.
- Thorstensen, E. (2002). *El cuero y sus propiedades en la Industria*. . (3. Ed.) Múnich, Italia. Edit Interamericana.
- Tzicas, E. (de 2004). *Nuevas Tecnologías De Curtido Al Cromo Ad Alto Agotamiento*. Obtenido <http://www.alanchim.it/es/cromo-ad-alto-agotamiento.html>.  
[12 de Septiembre de 2018 ]
- Vallejo, L. (1 2004). *Balance de cromo en un proceso tradicional de curtido*. . Obtenido de <http://www.biblioteca.org.ar/libros/cueros/balancedecromo.htm>.  
[2 de Julio de 2018]
- Vargas, R. (2013). Obtenido de Resinas, tipos de resinas y aplicaciones. : <https://www.quiminet.com/articulos/resinas-tipos-de-resinas-y-aplicaciones18443.htm>  
[23 de Septiembre de 2018]

Yuste, N. (2002). *Utilización de ligantes de partícula fina en el acabado de pieles finas*. (2. ed.)  
Barcelona, España : Albatros.

**ANEXO A.** Receta del proceso de ribera, pelambre de cueros ovino para la obtención de vestimenta utilizando cromo.

Proceso	Oper.	Producto	%	W(Peso Piel)Cromo	Unidad	T°	Tiempo Minutos
W (5,8) kg	BAÑO	AGUA	200	11,6	KG	Ambiente	30
REMOJO		Tenso activo	0,2	0,011	KG		
		HCOOH (Ac. Fórmico)	0,2	0,011	KG		
<b>Botar baño</b>							
RECURTIR	BAÑO	AGUA	80	4,64	KG	40	40
		Cromo Orgánico	4	0,232	KG		
		Curtiente fenólico	2	0,116	KG		
<b>Botar baño</b>							
NEUTRALIZADO	BAÑO	AGUA	100	5,8	KG	40	60
		NaCOOH (Formiato de Na)	1	0,058	KG		
		Recurtiente neutral Pak	3	0,174	KG		60
	<b>Botar baño</b>						
	BAÑO	AGUA	300	17,4	KG	Ambiente	40
<b>Botar baño</b>							
TINTURADO	BAÑO	AGUA	100	5,8	KG	40	10
		Dispersante	2	0,116	KG		40
		Anilina	3	0,174	KG		
		HCOOH	1	0,058	KG		

**ANEXO B.** Receta de recurtido , engrase y fijado del cuero.

Proceso	Oper.	Producto	%	W(Peso Piel)Cromo	Unidad	T°	Tiempo Minutos	
RECURTIDO	BAÑO					50	60	
					KG			
		Agua	30	1,74				
		Tara	4	0,232	KG			
		Rellenante de faldas	3	0,174	KG			
Engrase	BAÑO	AGUA	100	5,8	KG	70		
		Ester fosfórico	6	0,348	KG			
		Parafina sulfoclorada	4	0,232	KG		60	
		Grasa Sulfitada	12	0,696	KG			
		Grasa Catiónica	0,5	0,029	KG			
Fijar	BAÑO	Acido Fórmico 1:10	1	0,058	KG	70	10	
		HCOOH (Ac. Fórmico) 1:10	1	0,058	KG		10	
		Anilina	2	0,12	KG		10	
		HCOOH (Ac. Fórmico) 1:10	0,5	0,029	KG		10	
		Anilina	1	0,058	KG		10	
		Cromo	1	0,058	kg		10	
		Botar baño						
	BAÑO	AGUA	200	11,6	KG	Ambiente	20	
		Botar baño						
	Perchar (apilar flor con flor y tapar con fundas negras)							
Secado								

**ANEXO C.** Receta del proceso de ribera, pelambre de cueros ovino para la obtención de vestimenta utilizando *glutaraldehido*.

Proceso	Oper.	Producto	%	W(peso piel)cromo	Unidad	T°	Tiempo Min	
w(4,5)kg	BAÑO	AGUA	200	9	KG	Ambiente	30	
Remojo		Tenso activo	0,2	0,009	KG			
		Acido Fórmico	0,2	0,009	KG			
<b>Botar baño</b>								
Recurtir	BAÑO	AGUA	80	3,6	KG	40	40	
		Cromo Orgánico	4	0,18	KG			
		Curtiente fenólico	2	0,09	KG			
<b>Botar baño</b>								
Neutralizado	BAÑO	AGUA	100	4,5	KG	40	60	
		NaCOOH (Formiato de Na)	1	0,045	KG			
		Recurtiente neutral Pak	3	0,135	KG		60	
	<b>Botar baño</b>							
	BAÑO	AGUA	300	13,5	KG	Ambiente	40	
	<b>Botar baño</b>							
Tinturado	BAÑO	AGUA	100	4,5	KG	40	10	
		Dispersante	2	0,09	KG		40	
		Anilina	3	0,135	KG			
		Acido fórmico	1	0,045	KG			

**ANEXO D.** Receta del proceso de recurtido pelambre de cueros ovino para la obtención de vestimenta utilizando *glutaraldehido*.

Proceso	Oper.	Producto	%	W(peso piel)cromo	Unidad	T°	Tiempo Min
RECURTIDO	BAÑO					50	60
		Agua	30	1,35	KG		
		Tara	4	0,18	KG		
		Rellenante de faldas	3	0,135	KG		
ENGRASE	BAÑO	AGUA	100	4,5	KG	70	
		Ester fosfórico	6	0,27	KG		
		Parafina sulfoclorada	4	0,18	KG		60
		Grasa Sulfitada	12	0,54	KG		
		Grasa Catiónica	0,5	0,0225	KG		
FIJAR	BAÑO	HCOOH (Ac. Fórmico) 1:10	1	0,045	KG	70	10
		HCOOH (Ac. Fórmico) 1:10	1	0,045	KG		10
		Anilina	2	0,09	KG		10
		HCOOH (Ac. Fórmico) 1:10	0,5	0,0225	KG		10 MINUTOS
		Anilina	1	0,045	KG		10 MINUTOS
		Glutaraldehido	1	0,045	kg		10 MINUTOS
	<b>Botar baño</b>						
	BAÑO	AGUA	200	9	KG	Ambiente	20 MINUTOS
<b>Botar baño</b>							
<b>Perchar (apilar flor con flor y tapar con fundas negras)</b>							
<b>Secado</b>							

**ANEXO E.** Receta del proceso de ribera, pelambre de cueros ovino para la obtención de vestimenta utilizando *resina acrílica catiónica*.

Proceso	Oper.	Producto	%	W(Peso Piel) Cromo	Unidad	T°	Tiempo
W(5)Kg	BAÑO	AGUA	200	10	KG	Ambiente	30
Remojo		Tenso Activo	0,2	0,001	KG		
		(Ac. Fórmico)	0,2	0,001	KG		
<b>Botar Baño</b>							
Recurtir	BAÑO	AGUA	80	4	KG	40	40
		Cromo Orgánico	4	0,2	KG		
		Curtiente Fenólico	2	0,1	KG		
<b>Botar Baño</b>							
Neutralizado	BAÑO	AGUA	100	5	KG	40	60
		(Formiato De Na)	1	0,05	KG		
		Recurtiente Neutral Pak	3	0,15	KG		60
	<b>Botar Baño</b>						
	BAÑO	AGUA	300	15	KG	Ambiente	40
<b>Botar Baño</b>							
Tinturado	BAÑO	AGUA	100	5	KG	40	10
		Dispersante	2	0,1	KG		40
		Anilina	3	0,15	KG		
		HCOOH	1	0,05	KG		
Recurtido	BAÑO	Agua	30	1,5	KG	50	60
		Tara	4	0,2	KG		
		Rellenante De Faldas	3	0,15	KG		
Engrase	BAÑO	AGUA	100	5	KG	70	60
		Ester Fosfórico	6	0,30	KG		
		Parafina Sulfoclorada	4	0,20	KG		
		Grasa Sulfitada	12	0,6	KG		
		Grasa Catiónica	0,5	0,025	KG		

Fijar	BAÑO	HCOOH (Ac. Fórmico) 1:10	1	0,05	KG		10
		HCOOH (Ac. Fórmico) 1:10	1	0,05	KG		10
		Anilina	2	0,1	KG		10
		(Ac. Fórmico) 1:10	0,5	0,05	KG		10
		Anilina	1	0,1	KG		10
		Resina Acrílica Catiónica	1	0,05	KG		10
	<b>Botar Baño</b>						
	BAÑO	AGUA	200	10	KG	Ambiente	20
<b>Botar Baño</b>							
<b>Perchar (Apilar Flor Con Flor Y Tapar Con Fundas Negras)</b>							
<b>Secado</b>							

**ANEXO F.** Resistencia a la tensión de las pieles ovinas curtidas con diferentes productos (resinas catiónicas y glutaraldehído), para obtener un alto agotamiento del cromo, en comparación de un tratamiento testigo (cromo).

A. Análisis de los datos

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1107.14	1153.85	1029.41	1354.17	1250.00	1346.15	1071.43	1083.33
1021.05	1562.50	1323.53	1821.43	1666.67	1531.25	1208.33	1500.00
1273.68	1921.88	1470.59	2196.43	1816.67	1875.00	1708.33	1666.67

Realizado por: Flores, Rafael, 2018

B. Análisis de la varianza

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Fisher calculado	Fisher 0,05	Fisher 0,01	Prob.	Sign.
Total	23	2423959.21	105389.53					
Tratamiento	2	1284749.44	642374.72	11.84	3.47	5.78	0.0004	**
Error	21	1139209.77	54248.08					

Realizado por: Flores, Rafael, 2018

C. Separación de medias por efecto del nivel de resina catiónica y glutaraldehído

Producto	Media	Rango
Cromo	1174.44	b
Glutaraldehído	1454.35	ab
Resina Acrílica	1741.16	a

Realizado por: Flores, Rafael, 2018

**ANEXO G.** Porcentaje de elongación de las pieles ovinas curtidas con diferentes productos (resinas catiónicas y glutaraldehído), para obtener un alto agotamiento del cromo, en comparación de un tratamiento testigo (cromo).

**A.** Análisis de los datos

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
75.00	77.50	75.00	80.00	72.50	77.50	75.00	67.50
82.50	82.50	80.00	82.50	85.00	80.00	80.00	82.50
90.00	92.50	92.50	97.50	97.50	90.00	92.50	95.00

Realizado por: Flores, Rafael, 2018

**B.** Análisis de la varianza

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Fisher calculado	Fisher 0,05	Fisher 0,01	Prob.	Sign.
Total	23	1572.65625	68.38					
Tratamiento	2	1389.0625	694.53	79.44	3.47	5.78	0.0000	**
Error	21	183.59375	8.74					

Realizado por: Flores, Rafael, 2018

**C.** Separación de medias por efecto del nivel de resina catiónica y glutaraldehído

Producto	Media	Rango
Cromo	75.00	c
Glutaraldehído	81.88	b
Resina Acrílica	93.44	a

Realizado por: Flores, Rafael, 2018

**ANEXO H.** Lastometría de las pieles ovinas curtidas con diferentes productos (resinas catiónicas y glutaraldehído), para obtener un alto agotamiento del cromo, en comparación de un tratamiento testigo (cromo).

A. Análisis de los datos

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
9.43	9.80	9.43	9.43	9.08	9.72	9.72	9.60
8.78	7.90	11.03	7.61	8.02	7.13	7.67	7.49
7.22	8.00	10.02	9.39	7.74	9.59	7.84	9.84

Realizado por: Flores, Rafael, 2018

B. Análisis de la varianza

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Fisher calculado	Fisher 0,05	Fisher 0,01	Prob.	Sign.
Total	23	26.9391493	1.17					
tratamiento	2	7.12845667	3.56	3.78	3.47	5.78	0.0397	**
Error	21	19.8106926	0.94					

Realizado por: Flores, Rafael, 2018

C. Separación de medias por efecto del nivel de resina catiónica y glutaraldehído

Producto	Media	Rango
Cromo	9.53	a
Glutaraldehído	8.20	ab
Resina Acrílica	8.70	b

Realizado por: Flores, Rafael, 2018

**ANEXO I.** Blandura de las pieles ovinas curtidas con diferentes productos (resinas catiónicas y glutaraldehído), para obtener un alto agotamiento del cromo, en comparación de un tratamiento testigo (cromo).

A. Análisis de los datos

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
4.00	4.00	3.00	3.00	5.00	3.00	4.00	3.00
5.00	5.00	5.00	5.00	4.00	5.00	5.00	5.00
2.00	2.00	4.00	4.00	2.00	2.00	2.00	4.00

Realizado por: Flores, Rafael, 2018

B. Análisis de la varianza

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Fisher calculado	Fisher 0,05	Fisher 0,01	Prob.	Sign.
Total	23	30.5	1.33					
Tratamiento	2	18.25	9.13	15.64	3.47	5.78	0.0001	**
Error	21	12.25	0.58					

Realizado por: Flores, Rafael, 2018

C. Separación de medias por efecto del nivel de resina catiónica y glutaraldehído

Producto	Media	Rango
Cromo	3.63	b
Glutaraldehído	4.88	a
Resina Acrílica	2.75	b

Realizado por: Flores, Rafael, 2018

**ANEXO J.** Grano de flor de las pieles ovinas curtidas con diferentes productos (resinas catiónicas y glutaraldehído), para obtener un alto agotamiento del cromo, en comparación de un tratamiento testigo (cromo).

A. Análisis de los datos

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
3.00	3.00	4.00	3.00	4.00	3.00	3.00	3.00
5.00	5.00	4.00	4.00	5.00	4.00	5.00	4.00
3.00	3.00	3.00	4.00	4.00	3.00	3.00	3.00

Realizado por: Flores, Rafael, 2018

B. Análisis de la varianza

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Fisher calculado	Fisher 0,05	Fisher 0,01	Prob.	Sign.
Total	23	13.33	0.58					
Tratamiento	2	8.333	4.17	17.50	3.47	5.78	0.0000	**
Error	21	5	0.24					

Realizado por: Flores, Rafael, 2018

C. Separación de medias por efecto del nivel de resina catiónica y glutaraldehído

Producto	Media	Rango
Cromo	3.25	b
Glutaraldehído	4.50	a
Resina Acrílica	3.25	b

Realizado por: Flores, Rafael, 2018

**ANEXO K.** Tacto de las pieles ovinas curtidas con diferentes productos (resinas catiónicas y glutaraldehído), para obtener un alto agotamiento del cromo, en comparación de un tratamiento testigo (cromo).

A. Análisis de los datos

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
5.00	5.00	5.00	4.00	5.00	4.00	5.00	4.00
4.00	4.00	3.00	4.00	3.00	4.00	4.00	3.00
3.00	3.00	2.00	3.00	2.00	2.00	3.00	2.00

Realizado por: Flores, Rafael, 2018

B. Análisis de la varianza

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Fisher calculado	Fisher 0,05	Fisher 0,01	Prob.	Sign.
Total	23	23.83	1.04					
tratamiento	2	18.08	9.04	33.02	3.47	5.78	0.0000	**
Error	21	5.75	0.27					

Realizado por: Flores, Rafael, 2018

C. Separación de medias por efecto del nivel de resina catiónica y glutaraldehído

Producto	Media	Rango
Cromo	4.63	a
Glutaraldehído	3.63	b
Resina Acrílica	2.50	c

Realizado por: Flores, Rafael, 2018

**ANEXO L.** Prueba de Kruskal Wallis para las calificaciones sensoriales de las pieles ovinas curtidas con diferentes productos (resinas catiónicas y glutaraldehído), para obtener un alto agotamiento del cromo, en comparación de un tratamiento testigo (cromo).

Variable	Producto	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p	
Blandura,	Cromo	8	3.63	0.74	3.5	13.55	0.0007	**
Blandura,	Glutaraldehído	8	4.88	0.35	5			
Blandura,	resina acrílica	8	2.75	1.04	2			
Variable	Producto	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p	
Grano de flor	Cromo	8	3.25	0.46	3	11.76	0.0009	**
Grano de flor	Glutaraldehído	8	4.5	0.53	4.5			
Grano de flor	resina acrílica	8	3.25	0.46	3			
Variable	Producto	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p	
Tacto	Cromo	8	4.63	0.52	5	16.4	0.0001	**
Tacto	Glutaraldehído	8	3.63	0.52	4			
Tacto	resina acrílica	8	2.5	0.53	2.5			

Realizado por: Flores, Rafael, 2018

ANEXO M. Evidencia fotográfica del trabajo de campo

PROCESO DE RIBERA



a)



b)



c)

- a) Colocar las pieles en un recipiente y Tomar el peso de las pieles
- b) Colocar las pieles en el bombo
- c) Agregar los químicos

Realizado por: Flores Rafael 2018

## PROCESO DESENCALADO, RENDIDO Y PIQUELADO



a)



b)



c)



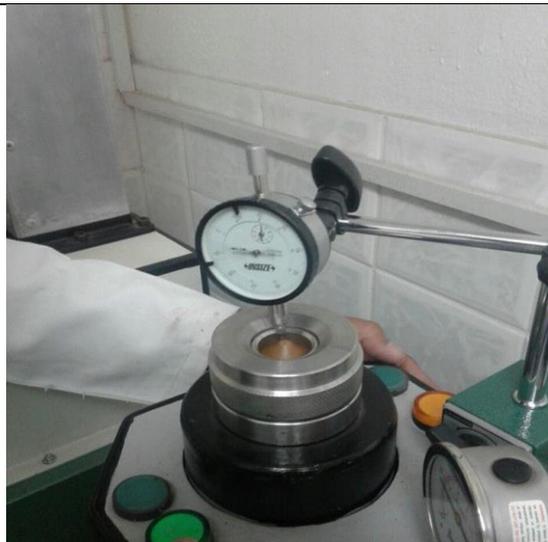
d)

- a) Pesar los quimicos
- b) Trituración del cuero con los diferentes ligantes
- c) Aplicación del acabado
- d) Prensado

## ANÁLISIS FÍSICO Y SENSORIAL DEL CUERO



a)



b)



c)



d)

- a) Preparación de las muestras
- b) Lastometría
- c) Prueba de tensión y elongación
- d) Producto terminado

Realizado por: Flores Rafael 2018