



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

**“APLICACIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE PRODUCTO ACOMPLEJANTE  
EN EL BAÑO DE CURTIDO AL ALUMINIO DE PIELES CAPRINAS”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

**PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO EN INDUSTRIAS PECUARIAS**

**AUTOR  
JORGE DAVID PUNGAÑA COLLAY**

**RIOBAMBA – ECUADOR  
2017**

Este trabajo de titulación fue aprobada por el siguiente tribunal

---

ING. MC. Fabricio Armando Guzmán Acán.  
**PRESIDENTE DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

---

ING. MC. Luis Eduardo Hidalgo Almeida.  
**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

---

BQF Mg. Edwin Fernando Basantes Basantes  
**ASESOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.**

Riobamba, 14 de febrero del 2017.

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Yo, Jorge David Pungaña Collay, con cédula de identidad número 020213500-0, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

---

Jorge David Pungaña Collay

C.I.: 020213500-0

## **DEDICATORIA**

A Dios, porque ha estado conmigo a cada paso que doy, cuidándome en cada día, brindándome la fortaleza y sabiduría para continuar con mis metas y sueños propuestos, permitiéndome culminar mi carrera con éxitos.

Mi trabajo de titulación está dedicado a mis padres Jorge Eduardo Pungaña y Norma Collay, quienes son la razón de mi vida, por sus consejos, apoyo incondicional y su paciencia, todo lo que hoy soy es gracias a ellos; ya que lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo incondicional en todo momento, y a pesar de las adversidades que se presentaron en mi vida ellos me continuaron apoyando y depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dejar que me rindiera ni en un solo momento, a ellos quienes con su amor y dedicación hicieron posible la culminación de mis estudios.

A mis hermanos Carlos, Ximena, Cristina y Hugo; más que hermanos son mis verdaderos amigos; a toda mi familia quienes son lo más valioso y maravilloso que dios me ha dado ya que con su apoyo y consejos permitieron que siga adelante sin decaer.

Jorge

## **AGRADECIMIENTO**

El amanecer es la parte más bella del día, porque es cuando Dios nos dice: "Levántate te regalo una nueva oportunidad de vivir y de caminar de nuevo a mi lado". Quiero agradecer a Dios por darme vida y guiarme en todo el transcurso de mi vida estudiantil.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, de manera especial a la Carrera de Ingeniería en Industrias Pecuarias ya que en sus aulas, recibí el conocimiento intelectual y humano impartido por cada uno de los docentes.

Principalmente a mis padres y hermanos quienes fueron el motor y la guía que me impulso a seguir adelante, ya que con sus palabras de aliento y motivación me impulsaron a culminar mis estudios ya que sin su apoyo esta meta no hubiese sido posible.

Especial agradecimiento al tribunal de tesis, Ing. M.C. Luis Hidalgo Director del trabajo de Titulación y al BqF. Mg. Edwin Basantes Asesor del trabajo de Titulación, quienes con sus consejos y asesoramiento permitieron la culminación de esta investigación.

Jorge

## CONTENIDO

	Pág.
Resumen	v
Abstract	vi
Lista de Cuadros	viii
Lista de Gráficos	viii
Lista de Fotografías	ix
Lista de Anexos	x
I. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
II. <u>REVISIÓN DE LITERATURA</u>	3
A. LA PIEL	3
1. <u>Capas de la piel</u>	4
a. La epidermis	5
b. Estrato basal	6
c. Estrato espinoso	6
d. Estrato granuloso	7
e. Estrato lúcido	7
f. Estrato córneo	7
2. <u>La dermis</u>	8
a. Estrato papilar	8
b. Estrato reticular	8
c. Componentes celulares de la dermis	9
d. Proteínas fibrosas de la dermis	10
e. Substancia básica no fibrosa de la dermis	10
f. Matriz extracelular	11
3. <u>La hipodermis</u>	11
a. Receptores sensoriales en el cutis y en el subcutis	12
B. PIEL CAPRINA	12
1. <u>Aspectos estructurales de la piel</u>	13
2. <u>Propiedades y calidad de la piel caprina</u>	15
3. <u>Resistencias de la piel caprina</u>	17
C. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE CURTICIÓN	18
1. <u>Remojo</u>	20
2. <u>Pelambre</u>	20
3. <u>Encalado</u>	22

4.	<u>Piquelado</u>	23
D.	PIEL ECOLÓGICA	23
1.	<u>Piel y materiales sintéticos</u>	24
E.	CURTICIÓN CON SULFATO DE ALUMINIO	25
1.	<u>Sales curtientes de aluminio</u>	26
2.	<u>Curtición con sulfato de aluminio</u>	26
F.	ACOMPLEJANTE SINTÉTICO	27
G.	ÁCIDOS ORGÁNICOS	29
1.	<u>Propiedades físicas</u>	29
2.	<u>Propiedades químicas</u>	30
H.	PROCESOS DE ACABADO	31
1.	<u>Rebajado y neutralizado</u>	32
2.	<u>Teñido</u>	32
3.	<u>Engrase</u>	32
4.	<u>Secado y ablandado</u>	33
5.	<u>Acabado en seco</u>	33
I.	EXIGENCIAS DEL CUERO PARA CALZADO	34
III.	<u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	35
A.	LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO	35
B.	UNIDADES EXPERIMENTALES	36
1.	<u>Materiales</u>	36
2.	<u>Equipos</u>	36
3.	<u>Productos químicos</u>	37
D.	TRATAMIENTO Y DISEÑO EXPERIMENTAL	37
E.	MEDICIONES EXPERIMENTALES	39
1.	<u>Físicas</u>	39
2.	<u>Sensoriales</u>	39
3.	<u>Económicas</u>	39
F.	ANÁLISIS ESTADÍSTICOS Y PRUEBAS DE SIGNIFICANCIA	40
G.	PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	40
1.	<u>Remojo</u>	40
2.	<u>Pelambre por embadurnado</u>	40
3.	<u>Pelambre en Bombo</u>	41

4.	<u>Desencalado y rendido</u>	41
5.	<u>Primer Piquelado</u>	41
6.	<u>Desengrase</u>	42
7.	<u>2do Piquelado</u>	42
8.	<u>Curtido</u>	42
9.	<u>Acabado en húmedo</u>	43
10.	<u>Tintura y engrase</u>	44
11.	<u>Aserrinado, ablandado y estacado</u>	44
H.	METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN	45
1.	<u>Análisis sensorial</u>	45
2.	<u>Análisis de las resistencias físicas</u>	46
3.	<u>Resistencia a la tensión</u>	46
a.	Procedimiento	48
4.	<u>Porcentaje de elongación</u>	50
5.	<u>Lastometría</u>	51
IV.	<u>RESULTADOS Y DISCUSIONES</u>	53
A.	EVALUACIÓN DE LAS RESISTENCIAS FÍSICAS DE LAS PIELES CAPRINAS CURTIDAS CON DIFERENTES NIVELES DE PRODUCTO ACOMPLEJANTE APLICADO EN EL BAÑO DE CURTIDO AL ALUMINIO	53
1.	<u>Resistencia a la Tensión</u>	53
2.	<u>Porcentaje de elongación</u>	56
3.	<u>Lastometría</u>	59
B.	EVALUACIÓN DE LAS CALIFICACIONES SENSORIALES DE LAS PIELES CAPRINAS CURTIDAS CON DIFERENTES NIVELES DE PRODUCTO ACOMPLEJANTE APLICADO AL BAÑO DE CURTIDO CON SULFATO DE ALUMINIO	62
1.	<u>Llenura</u>	62
2.	<u>Blandura</u>	65
3.	<u>Redondez</u>	67
C.	MATRIZ DE CORRELACIÓN ENTRE VARIABLES FÍSICAS Y SENSORIALES DE LAS PIELES CAPRINAS CURTIDAS CON DIFERENTES NIVELES DE PRODUCTO ACOMPLEJANTE	70

APLICADO AL BAÑO DE CURTIDO CON SULFATO DE  
ALUMINIO

D. EVALUACIÓN ECONÓMICA	72
V. <u>CONCLUSIONES</u>	75
VI. <u>RECOMENDACIONES</u>	76
VII. <u>LITERATURA CITADA</u>	77
ANEXOS	

## RESUMEN

En el taller de curtiembre de Pieles de la FCP, de la ESPOCH, se evaluó la aplicación de diferentes niveles de producto acomplejante en el baño de curtido al aluminio de pieles caprinas, por lo que las unidades experimentales (24 pieles), fueron distribuidas bajo un Diseño Completamente al Azar Simple, con tres tratamientos y ocho repeticiones. La evaluación de las resistencias físicas determinaron la mejor resistencia a la tensión al utilizar 1,50% de producto acomplejante, el mayor porcentaje de elongación con 1,25% y finalmente la mejor lastimetría al aplicar 2%, con resultados de 9,61 mm, sin embargo cumplen con las normativas internacionales IUP 6 y 8 (2002), de la Asociación Española en la industria del Cuero. La evaluación sensorial indica los mejores resultados son alcanzados al utilizar 2% de producto acomplejante ya que se obtiene las calificaciones más altas de llenura (4,75 puntos), blandura (4,88 puntos), y redondez (4,3 puntos), con ponderaciones de excelente en cada una de ellas. La mayor relación beneficio costo fue alcanzada en el lote de cueros del tratamiento T3 (2% de producto acomplejante), con un valor nominal de 1,34; es decir que por cada dólar invertido se espera una rentabilidad del 34% y que resulta interesante sobre todo tomando en consideración la situación actual inestable de nuestro país en que la mayor parte de las empresas han emigrado a otros países.

## ABSTRACT

The application of different levels complexing product in the skin tanning bath of goat skins was evaluated in the tanning workshop of CFP, of ESPOCH, so that the experimental units (24 hides), were distributed under a Completely Random Simple Design, with three treatments and eight replicates. The evaluation of the physical resistance determined the best tensile strength using 1.50% complexing product, the highest elongation percentage with 1.75% and finally the best lastometry when applying 2%, with results of 9.61 mm, however comply with the international regulations IUP (International Union Physical Test) 6 and 8 (2002) of the Spanish Association in the Leather industry. It is seen that the best results are achieved by using 2% of complexing product as the highest marks of fullness (4.75 points), softness (4.88 points), and roundness (4.3 points), with excellent weights in each of them. The highest cost-benefit ratio was achieved in the treatment lot T3 (2% of complexing product), with a nominal value of 1.34; That is to say that for every dollar invested a profitability of 34% is expected and that is interesting especially taking into consideration the present unstable situation of our country in which most of the companies have emigrated to other countries.

**LISTA DE CUADROS**

N°		Pág.
1.	DEFECTOS CAUSADOS POR UN PELAMBRE DEFICIENTE.	21
2.	FACTORES DETERMINANTES DEL CALERO.	22
3.	CONDICIONES METEOROLÓGICAS DEL CANTÓN RIOBAMBA.	35
4.	ESQUEMA DEL EXPERIMENTO.	38
5.	ESQUEMA DEL ADEVA.	39
6.	FORMULA PARA CALCULAR LA RESISTENCIA LA TENSIÓN.	47
7.	EVALUACIÓN DE LAS RESISTENCIAS FÍSICAS DE LAS PIELES CAPRINAS CURTIDAS CON DIFERENTES NIVELES DE PRODUCTO ACOMPLEJANTE APLICADO EN EL BAÑO DE CURTIDO CON SULFATO DE ALUMINIO.	54
8.	EVALUACIÓN DE LAS RESISTENCIAS FÍSICAS DE LAS PIELES CAPRINAS CURTIDAS CON DIFERENTES NIVELES DE PRODUCTO ACOMPLEJANTE APLICADO AL BAÑO DE CURTIDO CON SULFATO DE ALUMINIO.	63
9.	MATRIZ DE CORRELACIÓN ENTRE VARIABLES FÍSICAS Y SENSORIALES DE LAS PIELES CAPRINAS CURTIDAS CON DIFERENTES NIVELES DE PRODUCTO ACOMPLEJANTE APLICADO AL BAÑO DE CURTIDO CON SULFATO DE ALUMINIO.	71
10.	EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA PRODUCCIÓN DE CUERO	73

**LISTA DE GRÁFICOS**

N°		Pág.
1.	Composición de la piel.	4
2.	Esquema del proceso de curtido.	19
3.	Solubilidad de ácidos alifáticos	29
4.	Resistencia a la tensión de las pieles caprinas curtidas con diferentes niveles de producto acomplejante aplicado al baño de curtido con sulfato de aluminio.	56
5.	Porcentaje de elongación de las pieles caprinas curtidas con diferentes niveles de producto acomplejante aplicado al baño de curtido con sulfato de aluminio.	57
6.	Regresión del porcentaje de elongación de las pieles caprinas curtidas con diferentes niveles de producto acomplejante aplicado al baño de curtido con sulfato de aluminio.	59
7.	Lastometría de las pieles caprinas curtidas con diferentes niveles de producto acomplejante aplicado al baño de curtido con sulfato de aluminio.	60
8.	Llenura de las pieles caprinas curtidas con diferentes niveles de producto acomplejante aplicado al baño de curtido con sulfato de aluminio.	64
9.	Blandura de las pieles caprinas curtidas con diferentes niveles de producto acomplejante aplicado al baño de curtido con sulfato de aluminio.	65
10.	Regresión de la blandura de las pieles caprinas curtidas con diferentes niveles de producto acomplejante aplicado al baño de curtido con sulfato de aluminio.	67
11.	Redondez de las pieles caprinas curtidas con diferentes niveles de producto acomplejante aplicado al baño de curtido con sulfato de aluminio.	68
12.	Regresión de la redondez de las pieles caprinas curtidas con diferentes niveles de producto acomplejante aplicado al baño de curtido con sulfato de aluminio.	70

**LISTA DE FOTOGRAFÍAS**

Nº		Pág.
1.	Forma de la probeta de cuero.	46
2.	Dimensionamiento de la probeta.	47
3.	Equipo para medir el espesor del cuero.	48
4.	Medición con un pie de rey del ancho del cuero.	49
5.	Encendido del equipo para medir la resistencia a la tensión del cuero.	49
6.	Accionamiento del equipo y rotura de la probeta.	50
7.	Máquina para el test de lastometría.	52

## LISTA DE ANEXOS

N°

1. Resistencia a la tensión de las pieles caprinas curtidas con diferentes niveles de producto acomplejante aplicado al baño de curtido con sulfato de aluminio.
2. Porcentaje de elongación de las pieles caprinas curtidas con diferentes niveles de producto acomplejante aplicado al baño de curtido con sulfato de aluminio.
3. Lastometría de las pieles caprinas curtidas con diferentes niveles de producto acomplejante aplicado al baño de curtido con sulfato de aluminio.
4. Llenura de las pieles caprinas curtidas con diferentes niveles de producto acomplejante aplicado al baño de curtido con sulfato de aluminio.
5. Blandura de las pieles caprinas curtidas con diferentes niveles de producto acomplejante aplicado al baño de curtido con sulfato de aluminio.
6. Redondez de las pieles caprinas curtidas con diferentes niveles de producto acomplejante aplicado al baño de curtido con sulfato de aluminio.
7. Remojo y pelambre por embadurnado de las pieles caprinas curtidas con sulfato de aluminio más diferentes niveles de producto acomplejante.
8. Pelambre en bombo y desescalado de las pieles caprinas curtidas con sulfato de aluminio más diferentes niveles de producto acomplejante.
9. Rendido purgado y desengrase de las pieles caprinas curtidas con sulfato de aluminio más diferentes niveles de producto acomplejante.
10. Segundo piquelado y curtido de las pieles caprinas curtidas con sulfato de aluminio más diferentes niveles de producto acomplejante.
11. Estadísticas en el programa infostat de las resistencias físicas del cuero caprino.
12. Estadísticas en el programa infostat de las calificaciones sensoriales del cuero caprino.

## **I. INTRODUCCIÓN**

El curtido tiene la función de estabilizar de forma irreversible la piel e involucra las operaciones de desencalado, purgado, desengrasado, piquelado y curtido propiamente dicho. La curtición con sales de aluminio es muy antigua. Las pieles curtidas con estas sales tienen un color blanco, opaco y un tacto suave, pero que con un simple lavado se descurte con facilidad. A pesar de este inconveniente, las sales de aluminio tienen la ventaja de ser incoloras y se emplean aún hoy en la producción de pieles de peletería. Sin embargo, dada su insuficiente estabilidad su aplicación es en curticiones combinadas con extractos vegetales, sales de cromo, aldehídos, etc. El cuero que fue curtido primeramente al vegetal, se le incorpora entre un 2,5-3% de óxido de aluminio calculado sobre peso seco en forma de sales enmascaradas. Esto disminuye la cantidad de materias lavables del cuero y forma lacas con los taninos. Las sales de aluminio también se incorporan en una curtición al cromo con el fin de conseguir un aumento en la firmeza del cuero y facilitar el esmerilado.

El aluminio reacciona con la proteína del cuero y el enlace resultante no es tan fuerte como el que se produce con el cromo, por lo que la estabilización de las proteínas o la curtición por el aluminio no es suficiente, bajo circunstancias normales. El aluminio difiere del cromo en el sentido de que la alcalinidad del primero va desde el punto neutro a 100% básico sobre una gama de pH relativamente estrecha. El agregado de sales de oxiácidos o hidróxidos tales como el tartrato o el citrato de sodio estabiliza en gran parte el complejo de aluminio, permite la curtición sobre una gama más amplia de pH y produce una curtición mucho más estable. Con bastante frecuencia se emplea formaldehído como curtición suplementaria, para reforzar su accionar se utilizara ácidos orgánicos que son compatibles con el colágeno de la piel.

Como productos acomplejantes se cuenta a los ácidos orgánicos, estos ácidos orgánicos son un grupo de sustancias generalmente no se disuelven en agua, sino en cloroformo, éter o benceno. Tienen un sabor agrio, colorean de rojo el tornasol y reaccionan con ciertos metales desprendiendo hidrógeno. Pueden ser saturados

o no saturados. Las propiedades químicas específicas de las moléculas orgánicas dependen del grupo funcional, el grupo funcional que caracteriza a los ácidos es el grupo llamado carboxilo que se encuentra siempre sobre un carbono primario (primer carbono) que está unido a la cadena de carbonos. Los ácidos orgánicos que poseen un solo grupo funcional de este estilo se los llama ácidos monocarboxilados. En estado natural este tipo de ácidos se encuentran frecuentemente en los insectos (ácido metanoico o fórmico en las hormigas), formando parte de aceites y grasas (lípidos) en vegetales y animales. Los ácidos orgánicos que poseen un solo grupo funcional carboxilo se denominan ácidos monocarboxilados.

Por esta razón fundamentalmente se han desarrollado en los últimos años procedimientos, para reducir o eliminar las grandes cantidades de cromo de los restos de rebajado. Se trata de un sistema innovador y nuevo, inducido por la demanda del mercado de un mejoramiento ambiental, que despierta un interés creciente en la industria curtidora, por lo cual los objetivos propuestos para el presente trabajo de investigación fueron:

- Determinar el nivel más adecuado de producto acomplejante (1,5; 1,75 y 2%), para aplicar al baño de curtido al aluminio de las pieles caprinas.
- Establecer las resistencias físicas del cuero caprino para comparar con las normas internacionales del cuero.
- Identificar las calificaciones sensoriales del cuero caprino curtido con diferentes niveles de producto acomplejante.
- Determinar los costos de producción y la relación beneficio costo de cada uno de los tratamientos.

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **A. LA PIEL**

Hidalgo, L. (2004), afirma que mientras la naturaleza, ha creado en las fibras naturales, por ejemplo, algodón, lana, y seda, un modelo de macromoléculas mono dimensionales estructuradas, en lo que se refiere a estructura química y estructura fina en consideración a la resistencia y la aptitud de aislamiento del calor, la piel animal es la muestra de un buen material industrial, la piel de los mamíferos está constituida histológicamente por tres partes: la epidermis (piel superficial), el cutis o corium (piel propia del cuero) y el subcutis (tejido conjuntivo situado debajo de la piel). Solamente en Peletería interesa el mantenimiento de los cabellos formados en la epidermis, y las escamas en el caso de los reptiles y animales marinos. En otros casos para la obtención del cuero hay que quitar la epidermis y de la misma forma el tejido conjuntivo situado debajo de la piel.

Artigas, M. (2007), señala que el papel principal en la estructura de la piel productora del cuero lo juegan las escleroproteínas, de las cuales, los colágenos tienen la máxima importancia en la formación del cuero. Estos constituyen el 98% de la sustancia seca de la piel del cuero. Además pertenecen a ésta la elastina que igualmente interviene en el proceso de curtición formador del cuero, mientras que el tercer constituyente, la queratina, forma la parte principal de la lana y de los pelos y salvo en Peletería, es eliminada. Toda piel, una vez retirada del tronco del animal, pasa inmediatamente a un estado de tremenda labilidad, si no se toma una medida inmediata para deshidratar esa piel que está recubierta de gérmenes que producen en pocas horas la autólisis de esa piel. Si no se le somete a algún tratamiento que evite la hidrólisis de las proteínas que la componen, la piel estará perdida.

Adzet, J. (2006), manifiesta que la parte externa del animal tenía defensas hacia el exterior, es por lo tanto la parte de la piel que sucumbe lentamente al ataque de los microorganismos. El material de partida para la preparación del cuero lo constituye la piel de los animales, su naturaleza es sobre todo adecuada al carácter del cuero

obtenido. La piel en bruto se obtiene de toda clase de ganado vacuno como toros, bueyes, vacas, y terneros, además de las pieles de oveja, piel de cabra, piel de cerdo, piel de caballo y muchas pieles especiales de animales salvajes, animales acuáticas y reptiles. A esto hay que añadir los animales peleteros, animales salvajes y domesticados, cuyas pieles son dedicadas a ser curtidas y con ello valorizadas.

## 1. Capas de la piel

Para Saldarriaga, L. (2016), la piel se compone de la epidermis avascular y de la dermis, tejido conjuntivo vascularizado y con abundantes terminaciones nerviosas. A continuación se les une el tejido subcutáneo o hipodermis, compuesto por tejido conjuntivo laxo y tejido adiposo. Desde exterior hacia el interior podemos distinguir tres capas de tejidos: la piel superficial (epidermis), la dermis o corion y por último el tejido subcutáneo, hipodermis o subcutis. La epidermis y la dermis conforman el cutis, o lo que se entiende por la piel propiamente dicha. También se consideran parte de la piel a aquellos órganos anexos a la misma como son el pelo, las uñas y las glándulas diversas, en el gráfico 1, se ilustra la composición de la piel.

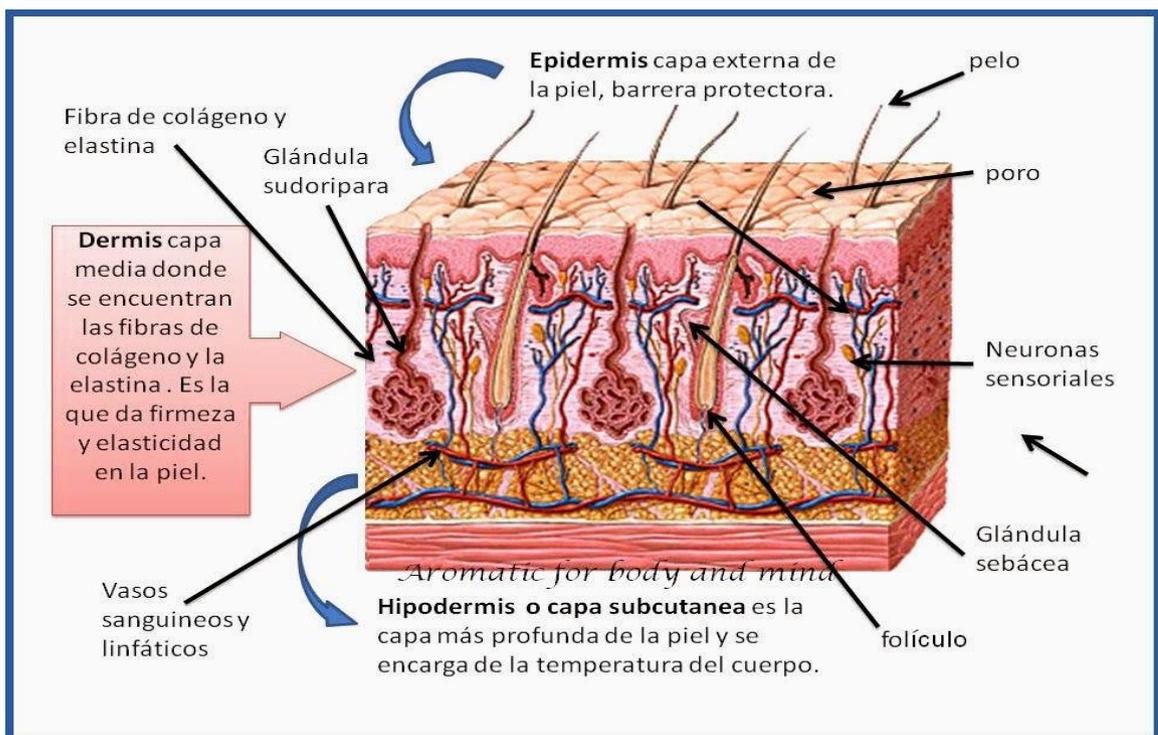


Gráfico 1. Composición de la piel.

### **a. La epidermis**

Según Simonelli, A. (2016), la epidermis es un epitelio plano en constante proceso de cornificación, que se compone de cinco capas celulares diferentes, siendo en los dos estratos celulares inferiores donde tiene lugar la regeneración. Partiendo desde allí las células migran hacia la superficie de la piel llegando a cornificarse completamente (queratinización), en el transcurso dicha migración. La capa córnea superior se va desprendiendo en un constante proceso de descarnación. Dependiendo de las condiciones fisiológicas, la renovación de la epidermis abarca un período aproximado de 30 días, desde que se produce la división celular hasta llegar al desprendimiento de las células cornificadas

Hidalgo, L. (2004), indica que la epidermis es avascular y su cuidado y mantenimiento se realiza por medio de la difusión de sustancias nutritivas desde el lecho capilar de la dermis. La epidermis está constituida principalmente por queratinocitos, que reciben esta denominación debido a su capacidad para llevar a cabo la síntesis de la queratina. Las queratinas son proteínas estructurales insolubles con una gran resistencia a las altas temperaturas y al pH, las cuales muy difícilmente son susceptibles a sufrir procesos de catabolización enzimática. Las queratinas se subdividen esencialmente en duras y blandas: Las queratinas duras conforman el pelo y las uñas, las queratinas blandas conforman el elemento esencial de las células cornificadas que se encuentran en las capas epiteliales exteriores, sin embargo se las puede encontrar también en el espacio extracelular actuando como sustancia cementante.

Morera, J. (2007), señala que otras unidades funcionales de la epidermis de gran importancia son las células de Langerhans (esenciales para la inmunorreacción de la piel), las células sensoriales de Merkel y los melanocitos. Estos últimos elaboran y almacenan la melanina, sustancia que da color a la piel. La cantidad y distribución de la melanina son los factores causantes de las diferentes pigmentaciones de la piel y de los cabellos. Cuando la piel se encuentra expuesta a la radiación solar, en los melanocitos se produce una reacción de defensa contra los rayos UV

aumentando síntesis de la melanina, la cual manifiesta sus efectos sobre la piel a través del conocido “bronceado solar”.

### **b. Estrato basal**

Altamirano, A. (2006), señala que el estrato basal o germinal conforma la capa celular más profunda de la epidermis. Está compuesto queratocitos cilíndricos, que están capacitados para llevar a cabo la división celular (mitosis), y garantizan la continua regeneración de la epidermis. La división celular está sujeta a un control a través de un nutrido número de sustancias como por ejemplo factores de crecimiento, hormonas y vitaminas. En especial las llamadas calonas parecen desempeñar un rol importante en este punto, ya que mantienen la constancia del proceso de regeneración a través de su efecto inhibitor sobre el ilimitado potencial mitótico que poseen las células basales. Por el contrario, al producirse una pérdida de epidermis, la cual se encuentra ligada al descenso del nivel de calorías, se produce una rápida regeneración por medio de un desbloqueo de la actividad mitótica de las células basales. La capa basal discurre de forma ondulada a todo lo largo de las invaginaciones coniformes (papilas), de la dermis. Entre la capa basal y la dermis se encuentra la membrana basal que no posee irrigación vascular. Esta membrana sirve para separar a ambas capas de la piel, pero al mismo tiempo contribuye a la fijación de las células basales y hasta cierto punto controla la cantidad de proteínas transportadas.

### **c. Estrato espinoso**

Portavella, M. (2005), señala que el estrato espinoso contiene hasta seis capas de células estructuradas de manera irregular, las cuales sintetizan queratina y presentan una actividad mitótica mínima. Se encuentran unidos por medio de puentes celulares (desmosomas), que son los que confieren a las células su apariencia espinosa. Entre los puentes celulares se almacena agua.

#### **d. Estrato granuloso**

Leach, M. (2016), manifiesta que la cornificación paulatina comienza en el estrato granuloso. En dependencia del grosor que tenga el estrato córneo, el estrato granuloso puede abarcar hasta tres capas de células planas, en las cuales se pueden observar densos gránulos (granula), de queratohialina. Los gránulos contienen entre otras sustancias una proteína precursora, la cual presumiblemente es partícipe en la formación de fibras de queratina en el espacio intercelular.

#### **e. Estrato lúcido**

Altamirano, A. (2006), reporta que el estrato lúcido está compuesto por células carentes de núcleo celular, en las cuales se puede observar una intensa actividad enzimática. En el estrato prosigue la queratinización, la cual engloba también la transformación de los gránulos de queratohialina de la capa granulosa en eleidina. La eleidina, una sustancia acidófila rica en grasas y proteínas y que posee unas fuertes propiedades refractantes, se presenta como una capa homogénea y brillante, de esta última propiedad surge el nombre con el cual se denomina a la presente capa celular. Este estrato protege a la piel ante las acciones de las soluciones acuosas.

#### **f. Estrato córneo**

Hidalgo, L. (2004), expone que el estrato córneo está formado por células queratinizadas y desprovistas de núcleo, que se denominan corneocitos. Se encuentran situadas unas sobre otras en forma de tejas y están firmemente unidas entre sí por medio de la queratohialina así como también por fibras muy delgadas (tonofibrillas). El estrato córneo abarca aproximadamente de 15 a 20 estratos celulares, de los cuales el estrato superficial se va perdiendo por descarnación.

## 2. La dermis

Según Vulliermet, B. (2016), indica que a la cara interna de la membrana basal de la epidermis se le une la dermis. Ésta es un tejido conjuntivo vascularizado y con abundantes terminaciones nerviosas, que histológicamente se subdivide en dos capas diferentes: en la capa papilar (stratum papillare), exterior y en la capa reticular interior (stratum reticulare). Ambas capas se diferencian entre sí por su grosor y la disposición de sus fibras de tejido conjuntivo, sin embargo a pesar de esta diferenciación no se encuentran separadas una de otra.

### a. Estrato papilar

Portavella, M. (2005), señala que el estrato papilar se encuentra estrechamente unido a la epidermis por medio de pequeñas prominencias cónicas de tejido conjuntivo, que reciben el nombre de papilas. En la zona de las papilas se encuentran las asas capilares que aseguran el abastecimiento nutritivo de la epidermis avascular, así como también las terminaciones nerviosas independientes, receptores sensoriales y vasos linfáticos. El propio tejido conjuntivo se compone de una estructura de fibrocitos (estado de reposo de los fibroblastos), y es atravesado por un entramado de fibras colágenas elásticas. Los espacios intercelulares situados entre las tramas de las fibras están rellenos con una sustancia amorfa que recibe el nombre de sustancia fundamental (matriz extracelular), en la cual se pueden desplazar las células sanguíneas y las células del tejido que se encuentran en movimiento.

### b. Estrato reticular

Atehortua, S. (2007), reporta que el estrato reticular está compuesto por resistentes fascículos de fibras colágenas entrelazados entre sí, entre los cuales se encuentran incrustados entramados fibrilares elásticos. Esta estructura es la que le otorga elasticidad a la piel, para que de esa manera pueda adaptarse a los diferentes movimientos y fluctuaciones de volumen del organismo. Además se

encuentra capacitada, dentro de un proceso dinámico, para absorber agua y volver a expelerla. Las fibras colagénicas se distribuyen en todas las direcciones, sin embargo se orientan preponderantemente en dirección oblicua a la epidermis o paralelas a la superficie corporal. Las líneas naturales de tensión cutánea que discurren en el sentido de la menor elasticidad de la piel, perpendiculares a las líneas de distensión cutánea, se denominan líneas de tensión cutánea de Langer. Estas líneas de tensión deben ser tenidas en cuenta en lo posible al realizar incisiones. Los cortes de la piel realizados a lo largo de estas líneas de tensión cutánea no queda mal unidos entre sí y dejan cicatrices casi imperceptibles, en tanto que las incisiones que discurren de manera transversal dejan cicatrices considerablemente mayores.

### **c. Componentes celulares de la dermis**

Según Wenzel, W. (2016), el fibrocito es el tipo de célula característico, que en su estado activado como fibroblastos proporciona un conjunto de sustancias para la creación de nuevo tejido. Los fibroblastos sintetizan y liberan los precursores del colágeno, elastina y proteoglucanos, los cuales maduran fuera de las células hasta convertirse en fibras colágenas y de elastina, y en estado no fibroso conforman la sustancia básica gelatinosa de la matriz extracelular.

Para Zapata, M. (2016), en la dermis se encuentra además las células cebadas, cuyos gránulos contienen entre otras sustancias heparina e histamina, los macrófagos (que tienen su origen en los monocitos de la sangre), así como también los linfocitos. Las células están implicadas en los mecanismos específicos y/o no específico de defensa del cuerpo (en la fagocitosis bien en las reacciones de inmunidad celular o humoral), pero también liberan sustancias bioquímicamente activas, que tienen una función mediadora y reguladora de tal modo que por ejemplo son indispensables para el progreso de los procesos de reparación en el tratamiento de heridas.

#### **d. Proteínas fibrosas de la dermis**

Según Agraz, G. (2016), las fibras de tejido conjuntivo de la dermis están compuestas por la proteína estructural denominada colágeno, que se caracteriza por ser un material biológico con una alta capacidad de resistencia y que representa aproximadamente entre 60 el 80% del peso del tejido en estado seco. El nombre descriptivo de “colágeno” proviene del vocablo griego Kolla (=cola, aglutinante), y esto se debe a que dicha proteína al hervirse se hincha y deviene en una sustancia pegajosa, viscosa y aglutinante como las “colas”. De los cuatro tipos de colágenos genéticamente diferenciables, que figuran en el cuerpo humano, en la dermis se encuentra de forma preponderante el colágeno del tipo I.

Libreros, J. (2003), reporta que la formación de fibras colágenas se desarrolla en dos etapas, una intracelular y otra extracelular, y se inicia en los fibroblastos. En una primera etapa se combinan a escala intracelular los aminoácidos característicos del colágeno-glicina, prolina/hidroxiprolina y un tercer aminoácido para formar una triple hélice de tropocolágeno y luego son secretadas al espacio extracelular. Aquí se continúan produciendo otras modificaciones enzimáticas, a través de las cuales el tropocolágeno aún en estado soluble se transforma en fibrillas colágenas insolubles, las cuales a su vez se unen finalmente en fibras de colágeno. Otras de las fibras proteicas de la dermis es la elastina, la cual también es sintetizada y liberada por los fibroblastos. La elastina se presenta como una cadena de polipéptidos de extraordinaria elasticidad, a partir de la cual en el espacio extracelular se elabora una figura bidimensional con zonas onduladas (lazos), que posibilitan la flexibilidad reversible de la piel, evitando al mismo tiempo las extensiones excesivas y los desgarros.

#### **e. Sustancia básica no fibrosa de la dermis**

Hidalgo, L. (2004), reporta que los espacios interfibrilares del tejido conjuntivo de la piel se hallan rellenos con sustancia básica amorfa, sales y agua. La sustancia básica se compone principalmente por proteoglicanos, una combinación de

polisacáridos y proteínas con una gran proporción de hidratos de carbono, que antiguamente se conocía bajo la denominación de mucopolisacáridos. Los proteoglicanos tienen una gran capacidad hidrofílica y pueden retener grandes volúmenes de agua, formando así una sustancia pegajosa y gelatinosa. Por lo visto los proteoglucanos no son solamente meras proteínas estructurales en el más estricto sentido de la palabra, sino que además parecen tener influencia sobre la migración, cementación y diferenciación celular. En la sustancia básica se encuentra además una serie de diversas glucoproteínas con una reducida proporción de hidratos de carbono como la trombospondina, el complejo laminínico, nidógeno y la fibronectina hística, los cuales al igual que los proteoglucanos que se caracterizan por su multiplicidad de funciones. La fibronectina por ejemplo, es una proteína cementante, que en la dermis sirve esencialmente para realizar la unión de las células a los colágenos y con ello juega también un papel importante en el tratamiento de heridas.

#### **f. Matriz extracelular**

Atehortua, S. (2007), manifiesta que en el tejido las células pasan a tener por lo general una estrecha unión con las sustancias por ellas secretadas. A tal efecto, las macromoléculas de las sustancias extracelulares elaboran una compleja malla tridimensional, la matriz extracelular (matriz extracelular = MEC), que se encuentra en todos los tejidos del cuerpo, con diferencias en su estructura y composición según el tipo específico de tejido y en dependencia del tipo de la célula productora de la matriz y de la función que cumple el tejido. Si bien aún no se han descubierto ni con mucho todas las funciones de la MEC, hoy en día se sabe que no sólo sirve de sustancia de relleno entre las células individuales, los tejidos y los órganos, sino que también desempeña múltiples tareas en el marco de la transmisión de información entre las células que se hallan en ella.

### **3. La hipodermis**

Según Alves, J. (2016), la hipodermis representa el estrato más profundo de la capa corporal exterior. Está compuesto por tejido conjuntivo laxo y no representa

una delimitación pronunciada con el cutis. En las profundidades se une a las fascias musculares o bien al periostio. Dejando de lado algunos pocos lugares del cuerpo, en la totalidad de la hipodermis se puede almacenar tejido adiposo, el cual cumple funciones aislantes, de almacenamiento y modeladoras.

#### **a. Receptores sensoriales en el cutis y en el subcutis**

Ángulo, A. (2007), señala que la piel es inervada por diferentes tipos de terminaciones nerviosas independientes y receptores que registran estímulos posibilitando que la piel cumpla su función como órgano sensorial. Por medio de las células de Merkel situadas en la epidermis se puede llevar a cabo la percepción por tacto prolongado. A lo largo del cuerpo papilar de la dermis se encuentran en forma de hileras los corpúsculos de Meissner, los cuales sirven como receptores táctiles de las sensaciones por presión más sutiles. Es por ello que se hallan densamente presentes en las extremidades de los dedos. Los corpúsculos de Krause tienen importancia para la percepción del frío, y los corpúsculos de Ruffini que se encuentran en la hipodermis sirven como receptores de calor. Las células nerviosas independientes que se encuentran cerca de la superficie de la piel transmiten las sensaciones de dolor. Los corpúsculos de Vater-Pacini ubicados en el subcutis reaccionan ante las deformaciones y vibraciones mecánicas.

#### **B. PIEL CAPRINA**

Según Bartlett, R. (2016), se le conoce como ganado caprino, aquel conjunto de animales criados para su completo aprovechamiento y explotación, esta serie de animales se les conoce como cabras, para el beneficio de la especie humana. La cabra es un mamífero de tipo rumiante, del cual se puede obtener grandes beneficios económicos, debido a que es un gran productor de leche y carne, pero además su pelaje, piel y estiércol puede utilizarse para múltiples cosas. Son animales altamente fértiles que pueden reproducir durante todo el año; al macho de la cabra se le conoce como “cabro”, “macho cabrío” o “chivato”, por su parte a las crías se les denomina “chivo” o “cabrito”. De la crianza del ganado caprino se puede obtener: la carne para la venta y el consumo humano; leche de

cabra de igual forma para su venta o consumo humano; la leche sementada para la producción de quesos o consumo en fresco; el cuero para la realización de diversos objetos para el uso diario humano y finalmente el pelaje que también puede servir para crear diversos objetos, un ejemplo de la utilización de su piel yace en la industria textil, siendo utilizada para la confección de prendas de vestir.

## **1. Aspectos estructurales de la piel**

Para Bouchard, J. (2016), la piel en los mamíferos representa una barrera natural entre el organismo y el medio externo, protegiendo al animal de los agentes físicos, químicos y microbiológicos. Está formada por dos capas superpuestas: la externa, de origen ectodérmico, es un tejido epitelial de revestimiento, pavimentoso, estratificado y queratinizado, denominado epidermis, mientras que la interna, más gruesa, está formada por un tejido conjuntivo, denominado dermis o corium, que tiene su génesis en el mesodermo. El grosor de la epidermis en los caprinos varía según las regiones del cuerpo, siendo más gruesa donde se localizan los pelos y más delgada en los lugares cubiertos por lana. La dermis está formada por dos capas no muy delimitadas: la papilar o termostática, que incluye los folículos pilosos, las glándulas sebáceas y sudoríparas y el músculo erector del pelo y la capa subyacente, denominada reticular por estar formada de haces de fibras de colágeno en disposición tridimensional recordando a una red. El músculo erector del pelo está formado por haces de fibras musculares lisas que unen oblicuamente la porción media del bulbo conjuntivo del folículo piloso a la epidermis.

Según Bouchard, J. (2016), estudiando algunas regiones de la piel de caprinos de la raza Ayrshire, notaron que las glándulas sebáceas y sudoríparas, el músculo erector del pelo y el folículo piloso aparecían juntos formando una unidad convencionalmente denominada “unidad del folículo piloso”. El frío constituye un estímulo importante para el reflejo de contracción del músculo erector del pelo, regido por el sistema nervioso simpático. Esa contracción tira del folículo en dirección a la epidermis, haciendo que quede próximo a la perpendicular, al mismo tiempo que expelle una sustancia lipídica, proveniente de las glándulas sebáceas, en la luz del bulbo folicular y, de ahí, hacia el exterior. En caprinos el músculo

erector del pelo no se encuentra asociado a todos los folículos pilosos y en las razas lanadas los folículos secundarios no están asociados al músculo erector del pelo ni a las glándulas sudoríparas. El folículo piloso (de gran importancia en los mecanismos táctiles y de defensa), está originado por una invaginación de la capa basal o germinativa que penetra profundamente en la dermis, siendo una estructura epidérmica cercada por tres capas dérmicas.

Grozza, G. (2007), menciona indica que existen pequeñas diferencias en el grosor de la capa reticular entre los animales productores de lana y los productores de pelos, siendo más delgada en las razas de lana. El mismo autor encontró acentuadas modificaciones en la distribución y grosor de las fibras colágenas y elásticas entre corderos y animales adultos. En caprinos lanados la capa termostática ocupa gran parte del grosor total de la piel. La alta densidad de fibras de lana, perjudica el entrecruzamiento de los haces de fibras de colágeno y hace que esa capa presente tendencia a la separación de la camada subyacente (reticular). Otra causa de la falta de adherencia entre esas capas es el acúmulo de grasa en esa región. El análisis de la función mecánica de la organización ultra-estructural de la piel de anfibios, peces, reptiles, pájaros y mamíferos indica que sus propiedades físicas están relacionadas con el diámetro y longitud de las fibras de colágeno y su distribución en la piel. La piel de caprino lanado presenta un entrecruzamiento de las fibras de colágeno poco compacto, con la capa termostática representando más de la mitad de su grosor total. En esa capa hay un elevado número de glándulas sebáceas y sudoríparas, asociadas a los folículos, que durante el proceso de curtido son eliminadas, originando zonas vacías y sueltas, promoviendo la separación de las capas.

Según Saldarriaga, L. (2016), en las pieles de caprinos lanados, notaron que las grasas naturales se localizan en las glándulas sebáceas, próximas a los folículos pilosos (65% del total presente en la piel), en la unión de la capa termostática con la reticular (20%) y en el tejido adiposo subcutáneo (15%). Su composición química comprende triglicéridos, ceras, fosfolípidos y ácidos grasos, cuyas proporciones relativas varían en las tres capas, dependiendo del individuo y la raza. La organización de los folículos pilosos en caprinos, consiste en un grupo básico de

tres folículos primarios y un número variable de folículos secundarios (los primarios preceden en la ontogenia a los secundarios). Cuando los folículos primarios están completamente diferenciados se presentan asociados con estructuras accesorias como las glándulas sudoríparas, las sebáceas y el músculo erector del pelo. En cambio, el folículo secundario puede estar asociado a la glándula sebácea (a veces menor que la encontrada con el folículo primario), o estar independiente. El conocimiento de la estructura folicular es importante en la determinación de la estructura del vellón, influyendo en el tipo y cantidad de lana producida por las diferentes razas. Valores elevados en la relación de folículos secundarios/primarios (S/P) indican caprino con fibras de lana finas, como la raza merina, y reducidos valores en esta relación corresponden a un caprino con fibras gruesas y de baja calidad, como ocurre en la raza Lincoln.

## **2. Propiedades y calidad de la piel caprina**

García, J. (2006), infiere que las propiedades que fundamentalmente definen la calidad de la piel son integridad, espesor, elasticidad, flexibilidad y resistencia, las pieles integra sin alterar tienen mucho más valor para la industria que aquellas que presentan alteraciones en algunas de sus regiones. La unión de las pieles homogéneas posibilita la fabricación de vestidos de corte uniforme más atractivos para el comprador. El espesor de la dermis está ligado a las posibilidades de utilización industrial de las pieles, cuando es demasiado gruesa se dificultan o imposibilitan las operaciones de curtido y teñido por lo que la industria prefiere las pieles finas. Las pieles duras poco flexibles se hacen quebradizas y demasiado blandas después del teñido son poco resistentes y elásticas. Otras propiedades definitorias de la calidad de las pieles son su tamaño, color y tipo de lana, las pieles de los adultos de mayor superficie que la de los corderos son menos elásticas, están alteradas y se curte peor por lo que un incremento del tamaño de la piel supone una pérdida de calidad, aunque lo que se gana en superficie puede compensar la peor calidad; por ello la industria se interesa también por las pieles adultas, el color blanco claro uniforme y sin manchas facilita el teñido siendo por ello el más deseable e las labores de pieles con lana se prefieren las que tienen lana blanca corta y fina.

Gratacos, E. (2006), señala que en la calidad de la piel están involucrados factores inherentes al animal; tipo, sexo, edad y externos al mismo como son la alimentación, manejo y sanidad, se admite que la calidad de la piel es un carácter de heredabilidad elevada y susceptible de ser modificada por cruzamientos, las razas rusticas producen pieles más finas que las de marcada aptitud cárnica siendo aquellas en general más apreciadas, así mismo algunos caracteres inherentes al tipo genético como el color oscuro de la piel o de la lana las pieles manchadas y la presencia de depreciaciones paralelas a las costillas de arrugas o pliegues originan problemas en el curtido y en el tinte reduciendo por tanto el valor de las pieles, debe tomarse en cuenta que algunos de estos caracteres son muy heredables . Aunque el sexo o tiene influencia sobre la calidad de la piel parece sin embargo que las hembras se desuellan mejor que los machos produciendo en definitiva un mayor porcentaje de pieles integras sin alterar.

Hidalgo, L. (2004), las pieles de corderos in esquilar que llegan a la industria curtidora son de mejor calidad que las de los animales adultos como son los carneros o los ovejas, la esquila produce ocasionalmente heridas que después cicatrizan reduciendo el valor económico de la piel. Al margen de los posibles efectos negativos de la esquila sobre la calidad de la piel de los adultos el desuello en estos es más complicado proporcionando en general pieles más frágiles, por esta razón el valor de las pieles de ovejas y carneros es mucho menor que el de las pieles de cordero.

García, J. (2006), menciona que el efecto del sistema de alimentaciones sobre la calidad de la pieles es poco conocido aunque parece que los individuos sometidos a pastoreo presentan un piel más resisten y de mejor textura que los alimentados en aprisco posiblemente debido a gimnastica funcional que realizan, Parece a mismo que las raciones con tasas adecuadas de proteína y equilibrada en aminoácidos azufrados mejoren la calidad de las pieles. Un buen manejo de los animales que evite o minimice lesiones cutáneas un estado sanitario adecuado y un desuello correctamente realizado por personas expertas son factores que tienen influencia relevante y decisiva sobre la calidad final del producto cuando llega a la industria curtidora

### **3. Resistencias de la piel caprina**

Nebreda, A. (2010), manifiesta que a efectos de la comercialización industrial, el cuero debe tener ciertos requisitos de acuerdo con la utilización del producto final, el cual puede ser afectado por diversos factores que van desde la calidad de la piel, producida por los productores, hasta su transformación en cuero por la industria curtidora. Es fundamental que la calidad sea tratada de manera sistémica, desde la cría hasta el curtido, con procedimientos que garanticen ganancias progresivas en la cadena productiva, desde el ganadero hasta el industrial. La uniformidad y calidad del producto dependen de las normas o criterios de control de la producción de los cueros. En este sentido, se afirma que las medidas físico-mecánicas son un instrumento valioso para garantizar la calidad de los cueros, dado que estas propiedades están relacionadas con la composición química del cuero. Todos los test de determinación de la calidad del cuero están subordinados a las normas técnicas que establecen las metodologías a seguir, comparando los resultados con parámetros predefinidos o valores orientativos que ponen a prueba la resistencia de los cueros, teniendo como objetivo certificar su calidad y mantener el control de producción. Las pieles de los caprinos recién desollados son conservadas en sal y desecadas y curtidas siguiendo las etapas de remojo, calero, desencalado, purga, piquel, curtido, alcalinización, neutralización, recurtido, secado y suavizado, empleándose metodologías ya tradicionales.

García, J. (2006), infiere que los cueros son entonces climatizados durante 48 horas, a una temperatura de  $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$  y una humedad relativa del  $65 \pm 2\%$ , para su posterior análisis. Las medidas del grosor de los cueros y los cálculos de su resistencia a la tracción y al rasgado son realizadas mediante el equipamiento y la metodología recomendada por la norma ISO 2589 (2002). Los ensayos físico mecánicos son instrumentos importantes para testar los cueros frente a la carga y resistencia a la tracción y al rasgado (ISO 3377-2), y la resistencia y distensión de la flor (ISO 3379). Las muestras para los ensayos de tracción, rasgado y distensión de la flor, son retiradas en una prensa hidráulica (balancín), por medio de cuchillas con las dimensiones determinada por las normas ISO 3376 (2002), ISO 3377-1 (2002) e ISO 3379 (1976), respectivamente. Para los ensayos de tracción y

rasgado son utilizadas tres muestras (retiradas de los cueros en las regiones estudiadas) en dirección longitudinal, paralela a la línea dorsal, y tres muestras en dirección transversal a ella, y se emplea un equipamiento universal de ensayo (dinamómetro), con una unidad de carga de 200 kg, calibrada con patrones trazables. La determinación de la distensión y ruptura de la superficie del cuero por medio del lastómetro es realizada utilizándose tres muestras circulares, retiradas de las regiones de cuero estudiadas

### **C. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE CURTICIÓN**

Artigas, M. (2007), reporta que las pieles de los animales que son de naturaleza proteica, en estado natural contienen alrededor de un 64% de agua. La parte orgánica está formada principalmente por queratina del pelo o lana y el tejido fibroso formado por colágeno, reticulina, elastina, el tejido conjuntivo, el tejido adiposo y los vasos sanguíneos. Para lograr una buena conservación de las pieles es necesario que éstas se contaminen el mínimo posible durante el desuello y su posterior transporte a la sección de conservación; para ello se recomienda que al sacar la piel del animal sea recogido en cestos o plataformas adecuadas para que no se ensucien con la sangre y el estiércol. Una vez efectuada la recolección de las pieles, éstas pasan a la sección de conservación, allí se extiende sobre una plataforma con el lado carne hacia arriba para efectuar el recortado. Actualmente existe la tendencia de descamar las pieles en verde que aparte de las dificultades técnicas que ello puede representar por llevar la piel todavía el pelo, es realmente una mejora importante de la conservación de la piel en bruto, puesto que al encontrar el lado de carne limpio, el secado es más uniforme y la sal penetra más rápidamente y de forma más regular mejorando la conservación. La finalidad de la curtición es estabilizar la proteína frente a la descomposición bacteriana y a los agentes externos, mediante la reacción de productos poli funcionales de peso molecular medio. Los productos que se utilizan para la curtición son básicamente dos, el aluminio y el cromo, aunque hay otros que también tienen la facultad de curtir. De las cabras se obtienen pieles muy finas destinándose estas a la confección de zapatos, de alto precio, guantes y otras obras. De los animales más jóvenes se obtienen cueros más finos y de mayor valor como es la cabritilla. La piel

de cabra en cambio, posee una estructura más fibrosa y compacta la transformación de la piel cruda en cuero terminado envuelve numerosos pasos que de manera breve son los que se describen en el (gráfico 2).

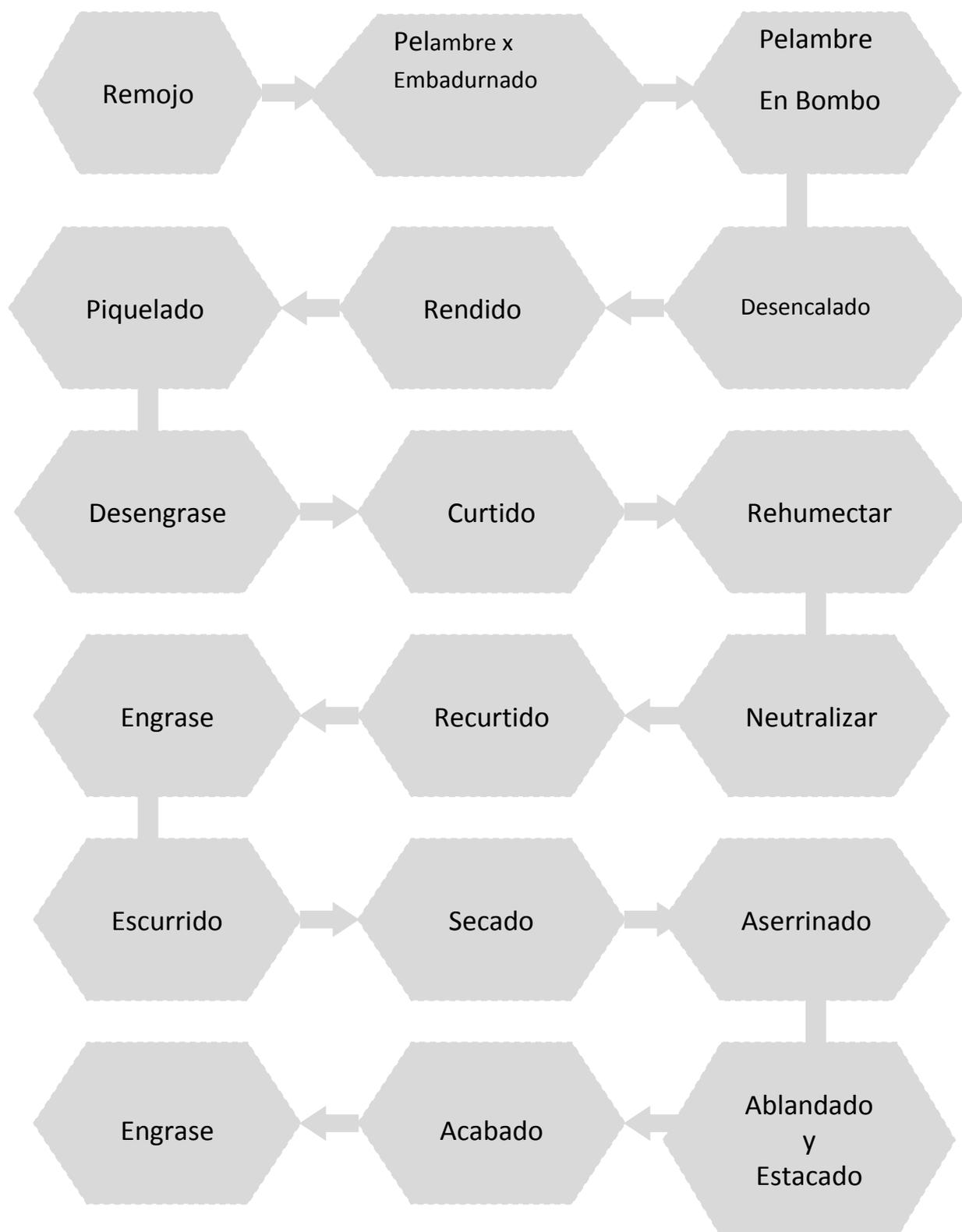


Gráfico 2. Esquema del proceso de curtido.

## 1. Remojo

Adzet J. (2005), reporta que, el remojo es la primera operación a la que se someten las pieles en el proceso de fabricación, consiste en tratarlas con agua. El objetivo del remojo es limpiar las pieles de todas las materias extrañas (estiércol, sangre, barro, microorganismos y productos usados en la conservación: sal), disolver parcialmente las proteínas solubles y sales neutras y devolverlas al estado de hidratación que tenían como pieles frescas. El consumo de agua es aproximadamente de 7 m<sup>3</sup> /t, con unos efluentes cargados con sal, proteínas solubles, suero, emulsionantes y materia en suspensión. Antes de la curtición debe llevarse la piel estado de hidratación o hinchamiento que tiene en el animal vivo, y veremos que con ello recupera su original flexibilidad, morbidez y plenitud, cambiando adecuadamente la estructura fibrosa, como para facilitar la penetración y absorción de los productos curtientes, los objetivos son:

- Ablandar las pieles dependiendo del sistema de conservación de tal forma que se asemejen a las pieles recién sacrificadas.
- Quitar la sangre, estiércol, tierra y otras impurezas no eliminadas en el proceso de desecación.
- Quitar la sal que impide la hinchazón de las pieles, y facilitar la penetración de los productos químicos.

## 2. Pelambre

Frankel, A. (2004), manifiesta que es una de las operaciones de ribera que se lleva a cabo en la curtición del cuero intentando preparar la piel para el curtido. En esta fase, las pieles con pelo deben de quedar completamente limpias. Así pues, en el proceso de pelambre se debe eliminar el material hecho de queratina como son las raíces capilares, la epidermis y el pelo y dejar limpio el lado flor para las siguientes etapas. En la actualidad éste tipo de pelambre es el más utilizado en las tenerías, en el método de trabajo se emplea sulfuro sódico, el cual es muy soluble y se debe

de conservar en sacos bien cerrados, ya que puede reaccionar con el aire y oxidarlo los objetivos primordiales de esta etapa son eliminar el pelo o lana y aflojar las fibras de colágeno con el fin de prepararlas apropiadamente para el proceso de curtido. Se debe favorecer el hinchamiento de la piel para promover el aflojamiento reticular, además este aumento de espesor permite que la piel sea descarnada y dividida fácilmente. En el cuadro 1, se indica los defectos causados por un pelambre.

Cuadro 1. DEFECTOS CAUSADOS POR UN PELAMBRE DEFICIENTE.

Defecto	Causas	Efectos
Insuficiente remoción del pelo en sus raíces	Poco tiempo de proceso, baja concentración de productos químicos, proceso de remojo insuficiente alta turgencia. Dejar	Superficie de flor áspera y desigual, lesiones de la flor por depilado excesivo.
Manchas o sombras de cal	las pieles expuestas mucho tiempo al CO <sub>2</sub> , insuficiente cubrimiento del baño de pelambre, uso de agua muy dura.	
Manchas o formación de jabones de cal	Un pH elevado ataca las células adiposas y las saponifica, los jabones formados son de difícil eliminación.	Coloración borrosa y no uniforme de la piel.
Formación de arrugas	Concentraciones elevadas de productos químicos durante el pelambre, producen exagerada hinchazón a temperaturas menores de 28°C.	Arrugas de cuello, crispación o graneado de la piel.
Explosiones	Fuerte hinchazón muy bajas temperaturas de pelambre.	Las explosiones de la piel se pueden corregir sustituyendo un porcentaje de Na <sub>2</sub> S por otros depilantes más suaves.
Inmunización del pelo o lana	Alta concentración alcalina o largo tiempo de acción.	Muy difícil eliminación del pelo.

Fuente: Frankel, A. (2004).

Hidalgo, L. (2004), manifiesta que otro producto empleado en éste tipo de pelambre reductor es el hidróxido cálcico, que tiene dos importantes efectos físicos: el hinchamiento osmótico e hinchamiento liotrópico. El resultado es que la piel se hincha y se empapa de agua, se abren las fibras y permite que los productos curtientes puedan penetrar fácilmente en la piel. No obstante, es un producto muy poco soluble y los baños se preparan con un exceso de cal, ya que así la cal disuelta se puede fijar en la piel.

### 3. Encalado

Lacerca, M. (2003), reporta que el calero es una operación fundamental en la fabricación del cuero porque en ella se realiza la apertura de la estructura fibrosa, favoreciendo la eliminación de sustancias interfibrilares que no interesan en la producción del cuero; la acción de la cal consiste fundamentalmente en provocar un hinchamiento de las fibras de colágeno, los factores determinantes del calero se describen en el (cuadro 2).

Cuadro 2. FACTORES DETERMINANTES DEL CALERO.

Factor	Recomendación
Tiempo:	Se dará mayor aflojamiento de las fibras de la proteína si se deja mayor tiempo de contacto con los productos alcalinos.
Temperatura	A temperaturas altas el calero se realiza más rápido. A mayor temperatura, menos turgencia y viceversa. Su objetivo es favorecer la penetración en la piel y homogenizar las concentraciones del producto entre las zonas de líquido en contacto con la piel.
Efecto mecánico:	La velocidad de reacción aumenta con la concentración, se aumenta la concentración de la solución, de esta
Concentración	Su objetivo es favorecer la penetración en la piel y homogenizar las concentraciones del producto entre las zonas de líquido en contacto con la piel.

Fuente: Lacerca, M. (2003).

#### **4. Piquelado**

Angulo, A. (2007), señala que el objeto principal de este proceso es acidular hasta un  $\text{pH} < 3,8$ , para disminuir los niveles de astringencia de los curtientes. La acidulación es importante para impedir que los curtientes eleven más su basicidad ocasionando curtición superficial, la cual da como producto una flor quebradiza y áspera, el piquelado sirve también para conservar las pieles.

#### **D. PIEL ECOLÓGICA**

Schorlemmer, P. (2002), indica es bien conocido el impacto ecológico que causan las curtiembres, por los afluentes tóxicos que producen como ser ácidos y metales pesados. La bibliografía consultada para obtener un curtido casero (ideal para granjas o pequeños emprendimientos de artesanías) nunca es satisfactoria, por los pobres resultados obtenidos. En el siguiente trabajo se expone una técnica de curtido artesanal y sin necesidad de maquinarias sofisticadas, pero altamente profesional, donde solamente se utilizan como agentes químicos: shampoo, sal común, alumbre, sales de cromo (muy poca cantidad), aceite de guarnición (para cueros y monturas) y aguaras.

Hidalgo, L. (2004), reporta que debe considerarse ecológico porque no se vierten líquidos contaminantes al ambiente, sino que las soluciones se renuevan periódicamente por el re agregado de las sales, manteniendo así su densidad constante. El método da excelentes resultados en pieles de pequeños animales como ser conejos, chinchillas, nutrias, etc. El procedimiento presentado es para curtir lotes de 30 pieles de conejo, que las puede manejar una sola persona en sucesivos turnos de media jornada. Los trabajos consisten en pasar las pieles a sucesivas soluciones curtientes, donde quedan sumergidas por un par de días, aparte de trabajos de lavado, descarnado, sobado de la piel y terminaciones de acabado. La piel ecológica es piel de animal que, en vez de ser curtida con productos minerales, que son muy contaminantes, utilizan extractos vegetales ricos en tanino. Este proceso si bien es más limpio demora el curtido con respecto el proceso mineral.

Ponti, B. (2008), manifiesta el termino piel ecológica no significa en ninguno de los casos que no proceda de origen animal. Debe su nombre al proceso de curtición ya que en el mismo no se utilizan procesos químicos que son perjudiciales para el medio ambiente. La utilización de extractos vegetales ricos en taninos como la cúrcuma hace que el proceso no sea negativo para nuestro planeta. Desde nuestro punto de vista la utilización de este tipo de pieles es un paso más que necesario para el sector y que diferenciara el producto de calidad de la producción masiva proveniente de Asia. Una estupenda estrategia empresarial, así como un compromiso con el planeta ya que hace una década deberíamos haber adoptado este modelo de curtición irónicamente el utilizado en los albores de la marroquinería.

### **1. Piel y materiales sintéticos**

Juran, J. (2003), reporta que la opción preferida por los defensores de los animales, pero no tanto por los ecologistas. Los clientes desconocen que estos materiales son utilizados muy comúnmente en el mundo de la moda seguramente en mayor medida que la piel tradicional o ecológica. La regulación y procedimiento de fabricación de estos al fin al cabo son plásticos que nos son desconocidos pero su fabricación está realizada por la industria química por lo tanto nos imaginamos producirán residuos en su fabricación y la gran mayoría no serán completamente biodegradables. Nuevos materiales reciclables y biodegradables aterrizan en el mundo de los complementos y firma como Stella McCartney los utilizan 100% en sus accesorios. En conclusión, la tendencia dentro del sector se inclinará en breve a la piel ecológica de curtición vegetal y provenientes de animales de consumo humano, que convivirá con el paso del tiempo con los nuevos materiales reciclados y biodegradables que sustituirán a las pieles sintéticas y plásticos.

Soler, J. (2008), menciona que la marroquinería y los artículos de piel se realizan en su gran mayoría con piel de animales de consumo humano por lo tanto si no se utilizara para estos fines tendrían que ser utilizadas para otros usos como piensos para otros animales o en agricultura. Los animales que no son de consumo humano son los elegidos por marcas exclusivas del mundo del lujo, las cuales tienes como

es el caso de la francesa Hermés sus propios criaderos de reptiles y para este tipo de producto tiene su público y grandes listas de espera para conseguir sus artículos. La tendencia en un futuro cercano creemos será la no utilización de pieles que provengan de animales de no consumo humano ya que la conciencia social es contraria.

## **E. CURTICIÓN CON SULFATO DE ALUMINIO**

Frankel, A. (2004), reporta que la curtición consiste en la estabilización de la proteína de la piel por tratamiento de un agente curtiente, luego de todas las condiciones de penetración y acceso a los lugares de reacción de la piel, derivadas de su tamaño molecular y capacidad difusora en medio acuoso y por reacción química, irreversible, con el colágeno produce reticulación, o sea uniones transversales entre cadenas peptídicas vecinas y da lugar a un aumento de la temperatura de encogimiento del colágeno, una mayor estabilidad de la digestión proteolítica en húmedo y un secado sin que presente un carácter córneo.

Hidalgo, L. (2004), indica que escapa a la finalidad de esta reseña tratar los fenómenos físicos-químicos que se producen durante la curtición, o que son de naturaleza compleja. La técnica generalmente usada, es la de la curtición al cromo en un solo baño. Una vez piqueladas las pieles se puede escurrir la mitad del baño y curtir sobre él o desagotarlo totalmente en baño nuevo, en este caso con agregado de sal. Es práctica generalizada usar sales curtientes de cromo en polvo (secadas en spray), las que se agregan por la puerta del fulón y luego de dos o tres horas y media de rotación, se basifica con bicarbonato de sodio y luego se rota por otras tres horas más, dándose por finalizada la curtición al alcanzar un pH de 3,7 a 3,9 o de 3,8 a 4 y la resistencia consiguiente al encogimiento en agua en ebullición.

### **1. Sales curtientes de aluminio**

Bacardit, A. (2004), menciona que a pesar de que las sales de aluminio se han utilizado como productos curtientes desde hace casi tanto tiempo como las

materias curtientes vegetales, el cuero obtenido tiene el defecto que su acción curtiembre es reversible simplemente por lavado del cuero con agua. Por ello, la curtición con aluminio solo se utiliza para propósitos muy concretos como es el de curtir pieles de animales pequeños como es el caso de los conejos.

## **2. Curtición con sulfato de aluminio**

Para Saldarriaga, M. (2016), el sulfato de aluminio ha sido utilizado históricamente para tratar todo tipo de aguas, ya sea para el consumo humano como para mejorar la calidad de los afluentes industriales o cloacales, en el encolado de papel, como mordiente en tintorerías y otros usos. En la actualidad se utiliza predominantemente en tratamiento de aguas. El sulfato de aluminio libre de hierro es requerido mayormente por la industria papelera como encolante en método ácido. Se comercializa sólido con concentraciones de 16 o 17% expresado como  $Al_2O_3$  y líquido con concentraciones que varían entre 7 y 8% de  $Al_2O_3$ . El sulfato de aluminio es una sal sólida y de color blanco. Generalmente es usada en la industria como floculante en la purificación de agua potable y en la industria del papel. El sulfato de aluminio se obtiene al reaccionar un mineral alumínico (caolín, bauxita, hidrato de aluminio) con ácido sulfúrico a temperaturas elevadas; la reacción que se lleva a cabo es la siguiente:  $Al_2O_3 + 3H_2SO_4 \text{ ----- } > Al_2(SO_4)_3 + 3H_2O$

Bacardit, A. (2004), manifiesta que una vez que se obtiene el sulfato de aluminio, este se tiene en dos presentaciones: sólido y líquido, con dos especificaciones, estándar y libre de fierro. Es una sal sólida y de color blanco que por sus propiedades físico-químicas es utilizada principalmente como agente coagulante y floculante primario en el tratamiento de aguas de consumo humano y aguas residuales. Se caracteriza por agrupar los sólidos suspendidos en el agua y acelerar la sedimentación, contribuyendo a la disminución de la carga bacteriana, así como la remoción del color y sabor. Al utilizarlas como curtiembre Las pieles tienen un color blanco, opaco y un tacto suave, pero que con un simple lavado se descurte con facilidad.

Para Vulliermet, B. (2016), la fórmula a base de sal y alumbre, requiere preparar una solución de 117 g de alumbre amoniacal (sulfato de amonio y aluminio) o de alumbre potásico (sulfato de potasio y aluminio) en un litro de agua; y otra 75 g de carbonato de sodio cristalizado y 15 g de sal común en medio litro de agua. Se vierte la solución de sal y carbonato lentamente sobre la solución de alumbre, removiéndola constantemente. La solución combinada se mezcla para usarla con suficiente harina para formar una pasta clara mezclando primero la harina con un poco de agua para evitar que se formen terrones. La piel limpia y blanda, como se ha descrito antes, debe sujetarse bien estirada con la parte carnososa hacia arriba, sobre una tabla se cubre con una capa de 3 ml de espesor, aproximadamente de la pasta curtiente, protegiendo con una hoja de papel o tela, colocada de modo que no establezca un contacto demasiado íntimo con la pasta. Al siguiente día, raspar la mayor parte de la pasta y aplicar una nueva capa de la misma, repitiendo esta misma operación durante 2 o 3 días más, según el grosor de la piel. Finalmente, se raspa la piel y se sumerge en agua de bórax, se lava y se comprime y después se estira. Lo siguiente se lleva a cabo del mismo modo que en las otras técnicas. Enseguida, se procede a sacarla del curtiente, escurriéndolas de la manera en que se describió antes para que se sequen lo más posible (dejándolas solo húmedas) y proceder al siguiente paso.

## **F. ACOMPLEJANTE SINTÉTICO**

Ponti, B. (2008), menciona que existe en el mercado una amplia gama de productos que va desde los productos altamente sulfonados con nula actividad curtiente, sintéticos auxiliares ácidos y neutros, dispersantes, naftalen o fenol sulfónicos condensados con formol, pasando por los sintéticos fenólicos y cresólicos con poder curtiente más o menos elevado en función del grado de sulfonación más reducido y peso molecular más alto, sin ser excesivo, sintéticos de sustitución normales, continuando con sintéticos similares a los anteriores con grupos sulfona o sulfonamina y otros sintéticos de sustitución para "blanco" y terminando con sintéticos de elevada reactividad química, con la mayor parte posible de anillos fenólicos sin el grupo sulfónico solubilizante sintéticos de sustitución para "crispados". Es evidente que esta clasificación es un poco relativa, puesto que

existen muchos productos que no pueden ser enmarcados en una de ellas, sino de que tendrán que considerarse como estados intermedios e incluso alguno de ellos estaría fuera de la clasificación efectuada. Sólo se intenta que sea útil para comentar sus efectos sobre pieles al cromo.

Grozza, G. (2007), indica que la palabra sustitución quiere indicar que son productos curtientes y que pueden ser empleados en lugar de los extractos vegetales o sea substituyéndolos, parcial o totalmente. En la curtición lo más frecuente es la sustitución parcial, en las recurticiones se emplean solos o conjuntamente con los extractos vegetales. En comparación con un extracto vegetal podríamos suponer que los sintéticos auxiliares se parecen en su comportamiento, a los no taninos de un extracto. Siguiendo con la comparación los sintéticos de sustitución "normales" son parecidos en su comportamiento a un extracto vegetal de bajo peso molecular y en general no muy astringente. Los sintéticos para "blanco" serian parecidos en su comportamiento a un extracto vegetal de peso molecular alto, no muy astringente y sólido a la luz.

Hidalgo, L.(2004), reporta que las diferencias más importantes con relación a los extractos vegetales son: más aniónicos por lo que aclaran más las tinturas, pero al tener poco color propio no modifican apenas el tono de la tintura; tienen la molécula más pequeña lo cual les hace menos rellenantes; son más sólidos a la luz; aclaran el color del cuero al cromo; tienen tendencia a dar cueros menos duros y flores más finas; pueden mitigar un poco más la soltura de flor al penetrar algo más fácilmente; son menos sensibles a los ácidos, electrolitos y sales metálicas.

## **G. ÁCIDOS ORGÁNICOS**

### **1. Propiedades físicas**

Según Vulliermet, B. (2016), en lo que respecta a la solubilidad se menciona que el grupo carboxilo  $-\text{COOH}$ , confiere carácter polar a los ácidos y permite la formación de puentes de hidrógeno entre la molécula de ácido carboxílico y la molécula de

agua. La presencia de dos átomos de oxígeno en el grupo carboxilo hace posible que dos moléculas de ácido se unan entre sí por puente de hidrógeno doble, formando un dímero cíclico. Esto hace que los primeros cuatro ácidos monocarboxílicos alifáticos sean líquidos completamente solubles en agua. La solubilidad disminuye a medida que aumenta el número de átomos de carbono. A partir del ácido dodecanóico o ácido láurico los ácidos carboxílicos son sólidos blandos insolubles en agua, (gráfico 3).

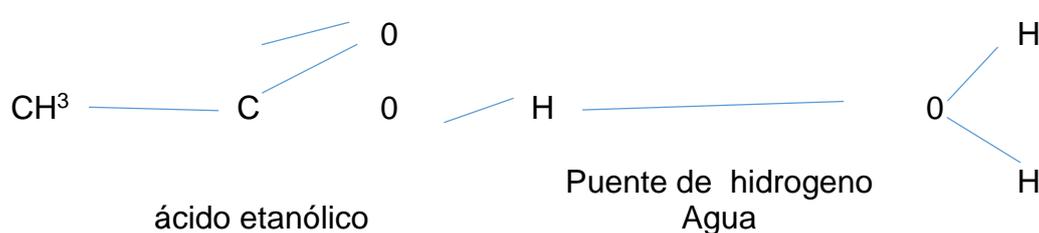


Gráfico 3. Solubilidad de ácidos alifáticos

Para Wenzel, W. (2016), un aspecto importante a tomarse en cuenta es el punto de ebullición, ya que los ácidos carboxílicos presentan puntos de ebullición elevados debido a la presencia de doble puente de hidrógeno. El punto de fusión varía según el número de carbonos, siendo más elevado el de los ácidos fórmico y acético, al compararlos con los ácidos propiónico, butírico y valérico de 3, 4 y 5 carbonos, respectivamente. Después de 6 carbonos el punto de fusión se eleva de manera irregular. Esto se debe a que el aumento del número de átomos de carbono interfiere en la asociación entre las moléculas. Los ácidos monocarboxílicos aromáticos son sólidos cristalinos con puntos de fusión altos respecto a los ácidos alifáticos. Los ácidos fórmico y acético (1, 2 carbonos) son líquidos de olores irritantes. Los ácidos butíricos, valeriano y caprónico (4, 5 y 6 carbonos) presentan olores desagradables.

## 2. Propiedades químicas

Frankel, A. (2004), indica que el comportamiento químico de los ácidos carboxílicos está determinado por el grupo carboxilo -COOH. Esta función consta de un grupo

carbonilo (C=O) y de un hidroxilo (-OH). Donde el -OH es el que sufre casi todas las reacciones: pérdida de protón (H<sup>+</sup>) o reemplazo del grupo -OH por otro grupo. Los ácidos carboxílicos pueden obtenerse a partir de reacciones químicas como la oxidación de alcoholes primarios, de los compuestos alquil-bencénicos y por la hidrólisis de nitrilos entre otras. En la oxidación de alcoholes primarios para obtener ácidos carboxílicos mediante esta reacción, el alcohol primario se trata con un agente oxidante fuerte donde el alcohol actúa como un agente reductor oxidándose hasta ácido carboxílico.

Ponti, B. (2008), señala que es importante señalar que los ácidos ejercen sobre los microorganismos dos tipos de efectos distintos, aunque estrechamente relacionados. En primer lugar, existe un efecto antimicrobiano debido a la acidez en sí, esto es, por un declive del pH extracelular. El segundo tipo, más importante en la práctica, es el efecto antimicrobiano específico debido a la forma no disociada, que atraviesa la membrana celular, y causa una disminución del pH intracelular. Todos los microorganismos tienen un pH óptimo de crecimiento y un intervalo de pH fuera del cual les resulta imposible proliferar. Esto se refiere al pH del medio o extracelular, ya que el pH intracelular tiene que estar necesariamente cerca de la neutralidad, incluso el de los organismos que crecen mejor a pH ácidos (acidófilos). El mantenimiento de estas condiciones adecuadas de pH se consigue mediante diversos mecanismos de homeostasis. Las bacterias entéricas, como *Escherichia* y *Salmonella* solo crecen a pH próximos a la neutralidad (neutrófilos). Dada la naturaleza logarítmica de la escala de pH, una disminución de 1 o 2 unidades (equivalente a un aumento de 10 o 100 veces en la concentración de protones) tiene un efecto drástico sobre la proliferación de microorganismos. La mayoría de las bacterias crecen mal a pH inferiores a 5, pero este nivel de acidez no garantiza, naturalmente, la esterilidad microbiológica: muchas bacterias pueden sobrevivir en estas condiciones durante periodos prolongados de tiempo.

Soler, J. (2008), indica que un pH extracelular muy alejado de 7 perturba el gradiente de protones, que es el principal componente de la fuerza proto-motriz, necesaria para los procesos de transporte a través de la membrana, motilidad y síntesis de ATP acoplada al proceso respiratorio. Además, el metabolismo

anaeróbico de bacterias se encuentra regulado por el pH del medio (8). El efecto de la acidificación del medio depende de la concentración y fuerza del ácido. Por tanto, este tipo de efecto antimicrobiano ocurrirá igual con ácidos orgánicos que inorgánicos, con la salvedad de que hará falta utilizar una cantidad mayor de un ácido orgánico que de un ácido inorgánico (fuerte) para alcanzar el mismo pH.

## **H. PROCESOS DE ACABADO**

Adzet, J. (2006), manifiesta que es el proceso en el cual se le da una determinada calidad al cuero. Por ejemplo: cueros blandos o duros, elásticos o rígidos, suaves o ásperos, etc. Esto se logra mediante la adición de reactivos precisos y específicos los cuales se encuentran en el mercado de la industria química bajo distintas denominaciones de fantasía, también se pueden utilizar curtientes vegetales, minerales o sintéticos, los cuales no cambiarán en lo absoluto que el cuero presente una curtición al cromo. La diferencia está en las cualidades que aquellos reactivos otorgaran al producto final, en todo caso, cualquiera que sea el producto agregado el objetivo es rellenar el cuero y darle una determinada cualidad final. Existe en el mercado una gran diversificación de productos que sirven como recurtientes los cuales en su mayoría son de origen sintético. Dependiendo del tipo de características del cuero así serán sus % y productos para su recurtición tales como: extractos vegetales, naftalenos, fenólicos, resínicos, glutaraldehído, acrílicos, se muestra un tipo de recurtido para cuero de atún: 5% extracto quebracho, 4% naftaleno, 3% fenólico, 4% resínico.

### **1. Rebajado y neutralizado**

Artigas, M. (2007), menciona que el objetivo de esta operación es darle al cuero el espesor requerido para su artículo final, se rebaja en una máquina de rebajar de un ancho de 50 centímetros. Mientras que el neutralizado que esta operación tiene como objetivo neutralizar el cuero desde su interior hasta la superficie dependiendo del tipo de cuero a hacer, también es importante controlar el pH del baño así como el del cuero, ya que una sobre neutralización daría una flor suelta, una precipitación

del recurtiente, una mala penetración del recurtiente, anilinas y engrase, dando pieles manchadas, duras y también da problemas para su secado y acabado final.

## **2. Teñido**

Gratacos, E. (2002), exhibe que el objetivo del teñido es darle color dependiendo del tono requerido al cuero, los colorantes aniónicos son bastantes adecuados para el teñido. El objetivo del teñido es darle color dependiendo del tono requerido al cuero, los colorantes aniónicos son bastantes adecuados para el teñido. En el teñido se ponen de manifiesto, dependiendo de las características del colorante así como del tipo de cuero a teñir, lo que desarrollamos en la Introducción, varias fuerzas de enlace que actúan en diversas fases escalonadas, según sea su radio de acción. Se podrían considerar tres fases: fuerzas de atracción entre iones actúan formándose uniones salinas, fuerzas de enlace actúan dando lugar a formación de puentes de hidrógeno y por último se corresponde a los procesos de deshidratación y secado en la que prevalecen fuerzas de muy corto alcance que permiten una combinación adicional entre el colorante y el cuero.

## **3. Engrase**

Hidalgo, L. (2004), exterioriza que la operación engrase es darle la suavidad requerida al cuero dependiendo de su utilización final, con el objeto de lograr un buen engrase adecuado es necesario utilizar diferentes tipos de engrasantes para conseguir un equilibrio y uniformidad en lo que respecta a penetración interna y superficial, otorgando un tacto suave y delicado, con un aspecto natural del cuero. Estos engrasantes son anión-activos, adecuados para la fabricación de emulsiones, aceites en agua, pero no agua en aceite. Para preparar de la forma más correcta las emulsiones, el aceite debe ser añadido en por lo menos 5 veces su peso en agua, a una temperatura de 60-70°C. Si se prepara la emulsión de agua en aceite, durante la dilución que va a seguir en el bombo, hará que la emulsión se rompa lo que dará lugar a que el engrase se deposite superficialmente y de lugar a un cuero grasiento.

#### **4. Secado y ablandado**

Sttofél A. (2003), propone que el secado depende del medio usado y la forma de conducir esta aparente y simple operación física, se producen modificaciones importantes en las características del cuero terminado. Reducción de la humedad y concentración de la superficie, al secar al aire colgados libremente el cuero se encoge, se dobla, endurece y se pronuncia el poro. Para obtener características buenas y contrarias se debe secar pegando a una placa plana. Las menos evidentes son: variación del punto isoeléctrico, formación de diversos enlaces en las fibras, productos y migraciones de sustancias solubles a la superficie. El secado rápido origina un cuero de mala calidad, mientras que un secado lento y controlado produce todo lo contrario. una vez secado el cuero se produce a efectuar el ablandado deseado de acuerdo a la aplicación final del artículo, el ablandado produce una sensación al tacto más suave al cuero terminado, además según el uso final al que este destina el cuero el ablandado generara q el huso continuo del articulo sea más suave y no genere molestias.

#### **5. Acabado en seco**

La Casa química Bayer. (2007), menciona que una vez el cuero ablandado las fibras están en su punto de absorción de las resinas, que se aplican con una brocha de la manera siguiente, de la cola hacia la cabeza, esto para que haya una mayor absorción uniforme en el cuero, luego se prensa en la prensa de acabado, una vez prensado se les aplica un spray de laca de nitrocelulosa diluida 1 a 3 con tiñer. El producto terminado tendrá una apariencia, dependiendo del colorante que se aplique y del tipo de acabado que se realice las características variaran levemente.

### **I. EXIGENCIAS DEL CUERO PARA CALZADO**

Rivero, A. (2001), menciona que a modo de síntesis, las principales exigencias y solicitudes que el cuero para calzado debe satisfacer en la fabricación y en el uso práctico del calzado se resumen en la siguiente relación:

- El cuero y su acabado deben poseer una alta flexibilidad para prevenir la aparición de fisuras y roturas en la zona de flexión del calzado. Alcanzar una suficiente adherencia del acabado para evitar su desprendimiento con el uso del calzado.
- Acreditar una adecuada solidez al frote, entendiendo que el frote no modifique substancialmente el aspecto del cuero ni la capacidad de ser nuevamente pulido por el usuario.
- Tener una elevada elasticidad de la capa de flor, que le permita resistir los esfuerzos de elongación a que se somete en el montado del calzado, especialmente en la puntera.
- La medición de la elongación a la rotura debe proporcionar un valor intermedio, ni demasiado alto ni demasiado bajo. Con ello se apunta una elasticidad suficiente para adaptarse a la particular morfología del pie del usuario y a los movimientos derivados de su personal forma de andar, pero no excesiva, lo cual conduciría a la pronta deformación del calzado con la alteración de sus medidas y proporciones.
- La resistencia al agua es una propiedad cada vez más solicitada y en este sentido el ensayo dinámico de impermeabilidad adquiere especial importancia.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **A. LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO**

El trabajo experimental se realizó en el Taller de curtiembre de Pieles de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Carrera de Ingeniería en Industrias Pecuarias de la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, ubicada en el kilómetro 1½ de la Panamericana sur, del Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo. A una altitud de 2754 msnm, y con una longitud oeste de 78° 28' 00" y una latitud sur de 01° 38' 02", y los análisis de las resistencias físicas se realizaron en los equipos del mismo laboratorio. La presente investigación tuvo un tiempo de duración de 70 días. Las condiciones meteorológicas del cantón Riobamba se describen en el (cuadro 3).

Cuadro 3. CONDICIONES METEOROLÓGICAS DEL CANTÓN RIOBAMBA.

INDICADORES	Promedio
Temperatura (°C).	13,45
Precipitación (mm/año).	42,8
Humedad relativa (%).	61,4
Viento / velocidad (m/s).	2,50
Heliofania (horas/ luz).	1317,6

Fuente: Estación Meteorológica de la Facultad de Recursos Naturales. (2014).

#### **B. UNIDADES EXPERIMENTALES**

El número de unidades experimentales que conformaron el presente trabajo experimental fue de 24 pieles caprinas de animales adultos con un peso promedio de 7 Kg cada una. Las mismas que fueron adquiridas en el Camal Municipal de Riobamba.

## **C. MATERIALES, EQUIPOS E INSTALACIONES**

### **1. Materiales**

- 24 pieles caprinas
- Cuchillos de diferentes dimensiones
- Mandiles
- Baldes de distintas dimensiones
- Mascarillas
- Botas de caucho
- Guantes de hule
- Tinas
- Tijeras
- Mesa
- Peachimetro
- Termómetro
- Cronómetro
- Tableros para el estacado
- Felpas
- Tanque de gas
- Cocineta

### **2. Equipos**

- Balanza Digital
- Bombos de remojo curtido y recurtido.
- Máquina descarnadora de piel
- Ablandador
- Raspadora
- Toggling
- Equipo de medición de la resistencia a la tensión y porcentaje de elongación.

### 3. Productos químicos

- Sal en grano
- Formiato de sodio
- Bisulfito de sodio
- Ácido fórmico
- Ácido oxálico
- Agente Acomplejante (Omplex AP-2)
- Rindente
- Grasa Animal sulfatada
- Ester fosfórico
- Aceite catiónico
- Aceite mineral
- Dispersante
- Resinas acrílicas
- Rellenante de faldas
- Recurtiente neutralizante
- Recurtiente acrílico
- Ácidos Orgánicos
- Sulfato de Aluminio
- Diesel
- Tenso Activo
- Cloro

#### D. TRATAMIENTO Y DISEÑO EXPERIMENTAL

En la presente investigación se evaluó el efecto de tres diferentes niveles de agentes Acomplejantes 1,5%; 1,75% y 2%, en la recurtición de pieles de caprinos, para la producción de cuero para calzado, por lo que las unidades experimentales fueron distribuidas bajo un Diseño Completamente al Azar Simple, cuyo modelo lineal aditivo fue:

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

Donde

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

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

$\alpha_i$  = Efecto de los tratamientos (niveles de agente acomplejante).

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

Para la determinación de la significancia de las variables sensoriales se utilizó la prueba de Kruskal – Wallis, cuyo modelo matemático fue el siguiente:

$$H = \frac{24}{nT(nT + 1)} = + \frac{\sum RT_1^2}{nRT_1} + \frac{\sum RT_2^2}{nRT_2} + \frac{\sum RT_3^2}{nRT_3} + 2(nT + 1)$$

Donde:

H = Valor de comparación calculado con la prueba K-W.

nT = Número total de observaciones en cada nivel de pigmento.

R = Rango identificado en cada grupo.

En el cuadro 4, se describe el esquema del experimento que se utilizó

Cuadro 4. ESQUEMA DEL EXPERIMENTO.

Niveles de producto acomplejante	Código	Repetición	TUE	Total de pieles
1,5 % de producto acomplejante	T1	8	1	8
1,75% de producto acomplejante	T2	8	1	8
2% de producto acomplejante	T3	8	1	8
Total de pieles caprinas				24

En el cuadro 5, se describe el esquema del análisis de varianza que se aplicó en la investigación:

Cuadro 5. ESQUEMA DEL ADEVA.

Fuente de variación	Grados de libertad
Total	23
Tratamiento	2
Error	21

## E. MEDICIONES EXPERIMENTALES

### 1. Físicas

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

### 2. Sensoriales

- Llenura, puntos.
- Blandura, puntos.
- Redondez, puntos.

### 3. Económicas

- Beneficio/ Costo.

## F. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS Y PRUEBAS DE SIGNIFICANCIA

Las mediciones experimentales fueron modeladas bajo un diseño completamente al azar simple, y sometidos a los siguientes análisis estadísticos:

- Análisis de Varianza (ADEVA), para diferencias entre medias, utilizado el programa estadístico Infostat versión I (2016).
- Separación de medias ( $P < 0,05$ ) a través de la prueba de Tukey, para diferencias entre medias, utilizado el programa estadístico Infostat versión I (2016).
- Prueba de Kruskal Wallis para variables no paramétricas para diferencias entre medias, utilizado el programa estadístico Infostat versión I (2016).
- Análisis de correlación y regresión múltiple utilizando el hoja de cálculo Excel versión 2010.

## G. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

### 1. Remojo

- Se pesó las pieles caprinas frescas y en base a este peso se trabajó preparando un baño con agua al 200% a temperatura ambiente. Luego se disolvió 0,05% de cloro más 1 % de tenso activo, se mezcló y se dejó girando por 3 horas el bombo y se eliminó el baño. Posteriormente se realizó un enjuague con el 200% de agua a temperatura ambiente, el mismo que se dejó rodar por 30 minutos y se eliminó el baño.

### 2. Pelambre por embadurnado

A continuación se dejó que se oscureciera el agua por unos 5 minutos, nuevamente se pesó las pieles y en base a este peso se preparó las pastas para embadurnar y depilar, con 2,5% de sulfuro de sodio, en combinación con el 3% de cal, el 1% de yeso, disueltas en 5% de agua a una temperatura de 40 °C; esta pasta se aplicó a

la piel por el lado carne, con un dobles siguiendo la línea dorsal para colocarles una sobre otra y se dejó en reposo durante 12 horas, para luego extraer el pelo en forma manual.

### **3. Pelambre en Bombo**

Posteriormente se pesó las pieles sin pelo para en base a este nuevo peso preparar un nuevo baño con el 100% de agua a temperatura ambiente al cual se añadió 1,5% de sulfuro de sodio, 3% de cal y el 0,5% de sal en grano y se giró el bombo durante 5 horas y posteriormente se dejó en reposo durante 20 horas, girando 5 minutos y reposando 55 minutos; finalmente se eliminó el baño. A continuación de esto se preparó un lavado de las pieles con el 200% de agua a temperatura ambiente girando el bombo por un tiempo de 30 minutos.

### **4. Desencalado y rendido**

Luego se lavó las pieles con 100% de agua limpia a 30°C, más 0,2% de formiato de sodio, se rodó el bombo durante 30 minutos; posteriormente se eliminó el baño y se preparó otro baño con 100% de agua a 35°C más 1% de bisulfito de sodio y se rodó el bombo durante 60 minutos; posteriormente se añadió el 1% de formiato de sodio y se rodó el bombo durante 60 minutos, a continuación se añadió el 50% de agua a 35 °C más 0,5% de producto rindente y se rodó el bombo durante 60 minutos; transcurrido este tiempo, se realizó la prueba de fenoltaleína para lo cual se colocó 2 gotas de en la piel para observar si existe o no presencia de cal, y que debió estar en un pH de 8,5. Posteriormente se eliminó el baño y se lavó las pieles con 200% de agua, a temperatura ambiente durante 30 minutos y se eliminó el baño.

### **5. Primer Piquelado**

Para este proceso se preparó un baño con el 100% de agua, a temperatura ambiente, más un 5% de sal en grano blanca, y se rodó 10 minutos para que se disuelva la sal para luego adicionar el 1.4% de ácido fórmico; diluido 1:10 en base

a su peso y todo esto dividido en 3 partes. Las primeras 2 partes se añadió y se dejó rodar por un lapso de tiempo de 20 minutos y la tercera parte se hizo rodar 1 hora. Pasado este tiempo, se controló el pH que debía estar entre 4,5 a 4, y para asegurar que el pH llegue al valor deseado se añadió un 0,4% de ácido fórmico y se realizó lo mismo que el anterior y transcurrido el tiempo indicado se eliminó el baño.

## **6. Desengrase**

En esta operación se preparó un baño con el 100% de agua a una temperatura de 35 °C, más el 2% de tenso activo y más el 4% de diésel; posteriormente se hizo rodar el bombo por 1 hora, transcurrido el tiempo mencionado se eliminó el baño. Seguidamente se realizó un lavado con el 100% de agua a una temperatura de 35 °C, más el 2% de tenso activo, esto se hizo rodar por 30 minutos.

## **7. Segundo piquelado**

Para este proceso se preparó un baño con el 100% de agua, a temperatura ambiente, más un 5% de sal en grano blanca, y se rodó 10 minutos para que se disuelva la sal para luego adicionar el 1% de ácido fórmico; diluido 1:10 en base a su peso y todo esto dividido en 3 partes. Las primeras 2 partes se añadió y se dejó rodar por un lapso de tiempo de 20 minutos y la tercera parte se hizo rodar 1 hora. Pasado este tiempo, se controló el pH que debía estar entre 3,2 y 2,8 al llegar a este pH favorece a la penetración y distribución del producto curtiente.

## **8. Curtido**

A continuación en base al peso se añadió el producto acomplejante en sus diferente niveles (1.5%, 1.75% y el 2%) y se hizo girar 60 minutos. Pasado el tiempo se añadió 6% de sulfato de aluminio en el bombo y luego se rodó durante 1 hora, para cumplir con la fijación del curtiente sulfato de aluminio. Se añadió el 0,5% de basificante, el mismo que se hizo rodar por 2 horas. Finalmente se añadió el 0,5% de ácido fórmico diluido 1:10, se añadió y se hizo rodar por 30 minutos y se eliminó el baño. Además se realizó un lavado con el 100% de agua a temperatura ambiente

por un tiempo de 20 minutos y se eliminó el baño. Posterior a esto se procedió a perchar por una noche y luego se hizo raspar a un calibre de 1,2 mm. Luego se procedió aplicar el recurtido de las 24 pieles caprinas en donde se adicionó 1,5% de producto acomplejante a 8 pieles caprinas para el primer tratamiento (T1), así mismo el 1,75% de agente acomplejante a 8 pieles caprinas para el segundo tratamiento (T2) y el 2% de agente acomplejante a 8 pieles caprinas para el tercer tratamiento (T3), se rodó el bombo por una hora para que por medio del movimiento mecánico el agente recurtiente entre en contacto con la piel, acabado esto se eliminó el agua y se dejó reposar las pieles por una hora para los posteriores procesos.

## **9. Acabado en húmedo**

Una vez rebajado a un grosor de 1,2 mm, se pesaron los cueros caprinos y se lavó con 200% de agua, a temperatura ambiente más 0,2% de tenso activo no desengrasante y 0,2% de ácido fórmico, y se rodó el bombo durante 30 minutos para luego botar el baño. Luego para el recurtido se preparó un baño con 80% de agua a 35°C, con 4% de cromo y el 1% de sulfato de aluminio, dándole movimiento al bombo durante 40 minutos para posteriormente eliminar el baño. Seguidamente se preparó otro baño con el 100% de agua a 40°C, al cual se añadió 1% de formiato de sodio, para realizar el neutralizado, se giró el bombo durante 60 minutos, para luego añadir 3% de recurtiente neutralizante y se rodó el bombo durante 60 minutos, se eliminó el baño y se lavó los cueros con 200% de agua a 35°C durante 60 minutos y se eliminó el baño. Se preparó otro con el 60% de agua a 50°C, al cual se adicionó el 1% de dispersante y se hizo rodar por 20 minutos, luego también se añadió 2% de rellenante de faldas, 2% de resina acrílica aniónico diluida de 1:5, se giró el bombo durante 60 minutos.

## **10. Tintura y engrase**

Al mismo baño se añadió 2% de anilina y se rodó el bombo durante 60 minutos, para luego aumentar el 150% de agua a 70°C, más 2% de parafina sulfoclorada, más 6% de éster fosfórico y se rodó el bombo durante 60 minutos. Seguidamente

en el mismo baño se añadió el 1% de grasa sulfatada y se rodó el bombo durante 30 minutos, más el 1% de aceite mineral y se rodó el bombo durante 60 minutos. Finalmente se añadió 0,5% de ácido fórmico, diluido 10 veces su peso, y se dividió en 2 partes y la primera parte se rodó durante 10 minutos y la segunda parte se rodó 15 minutos y se eliminó el baño. Terminado el proceso anterior se lavó los cueros con el 200% de agua a temperatura ambiente durante 20 minutos, se eliminó el baño y se escurrieron los cueros caprinos para reposar durante 1 día en sombra.

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

Finalmente se procedió a humedecer ligeramente a los cueros caprinos con una pequeña cantidad de aserrín húmedo, con el objeto de que estos absorban humedad para una mejor suavidad de los mismos, durante toda la noche. Los cueros caprinos se los ablandó a mano y luego se los estacó en el togglin, a lo largo de todos los bordes del cuero, hasta que el centro del cuero presente una base de tambor y se dejó todo un día, luego de haber terminado el estacado y con ayuda de una chaveta se recortó los bordes de todo el cuero para que tengan una mejor presentación.

## **H. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN**

### **1. Análisis sensorial**

- Para los análisis sensoriales se realizó una evaluación a través del impacto de los sentidos que son los que nos indicaron que características deberían tener cada uno de los cueros para calzado, dando una calificación de 5 correspondiente a muy buena; de 3 a 4 buena; y 1 a 2 baja; en lo que se refiere a llenura, blandura y redondez.
- Para detectar la llenura se palpó sobre todo la zona de los flancos el cuero y se calificó el enriquecimiento de las fibras de colágeno, los parámetros a

determinar se refirieron a identificar, si las fibras de colágeno estaban llenas o vacías, y de acuerdo a esto se procedió a establecer la calificación.

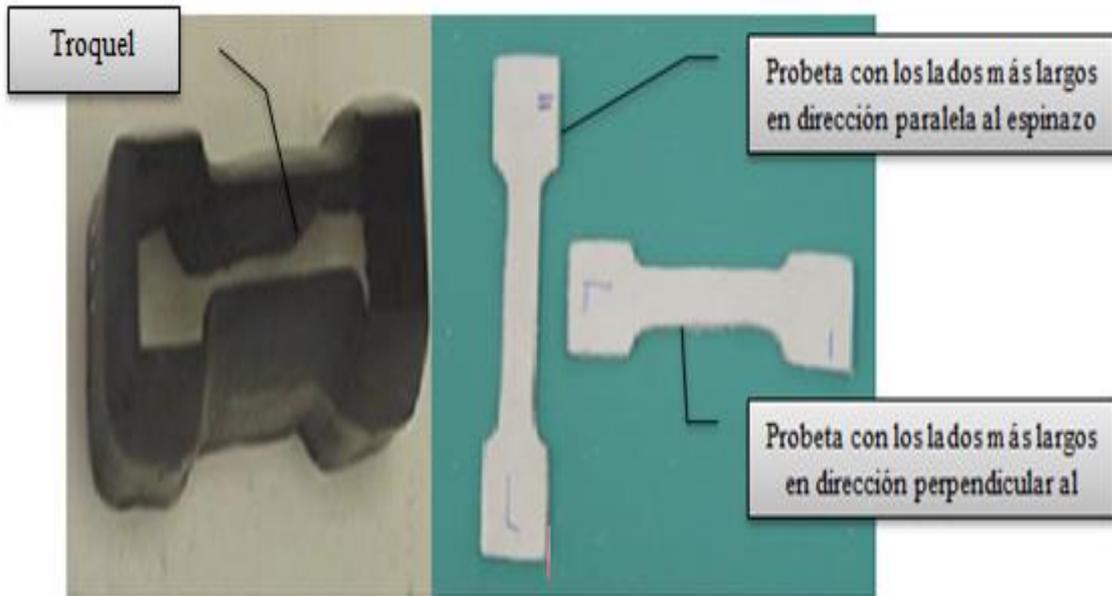
- La medición de la blandura del cuero se la realizó sensorialmente; es decir, el juez calificador tomó entre las yemas de sus dedos el cuero y realizó varias torsiones por toda la superficie tanto en el lomo como en las faldas para determinar la suavidad y caída del cuero y se lo calificó en una escala 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.
- Para determinar la redondez de la piel caprina se realizó tanto una observación visual como una apreciación táctil para determinar si la curvatura fue homogéneo o existe imperfecciones muy acentuadas producto de un mal descarnado que es necesario pues en la endodermis (parte de la piel en contacto con el animal), quedan, luego del cuereado, restos de carne y grasa que deben eliminarse para evitar el desarrollo de bacterias sobre la piel, y con ello que la apariencia natural se pierda, es decir que el grano se visualice muy grueso.

## **2. Análisis de las resistencias físicas**

Estos análisis se los realizaron en el Laboratorio de Curtición de Pieles de la Facultad de Ciencias Pecuarias y la metodología a seguir fue descrita la continuación:

### **3. Resistencia a la tensión**

El objetivo de esta prueba fue determinar la resistencia a la ruptura, que se originó al someter la probeta a un estiramiento que es aplicado lentamente, al efectuarse el estiramiento se da el rompimiento de las cadenas fibrosas del cuero, como se ilustra en la (fotografía 1).



Fotografía 1. Forma de la probeta de cuero.

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 debió cuidar que no se produzca un deslizamiento de la probeta porque de lo contrario podría falsear el resultado del ensayo, (figura 1).

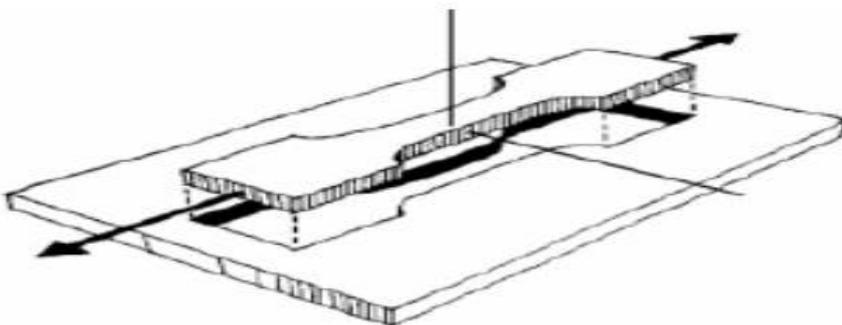


Figura 1. Dimensionamiento de la probeta.

La máquina que se utilizó para realizar el test estará 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 (fotografía 2).



Fotografía 2. Máquina para el test de resistencia a la tensión.

La evaluación del ensayo se realizó tomando como referencia en este caso las normas IUP 6, como se ilustra en el (cuadro 6).

Cuadro 6. FORMULA PARA CALCULAR LA RESISTENCIA LA TENSIÓN.

Test o ensayos	Método	Especificaciones	Fórmula
Resistencia a la tensión o tracción	IUP 6 2002	Mínimo 150 Kf/cm <sup>2</sup>  Óptimo 200 Kf/cm <sup>2</sup>	T= Lectura Máquina  Espesor de Cuero x Ancho (mm)

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

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

Rt = Resistencia a la Tensión o Tracción

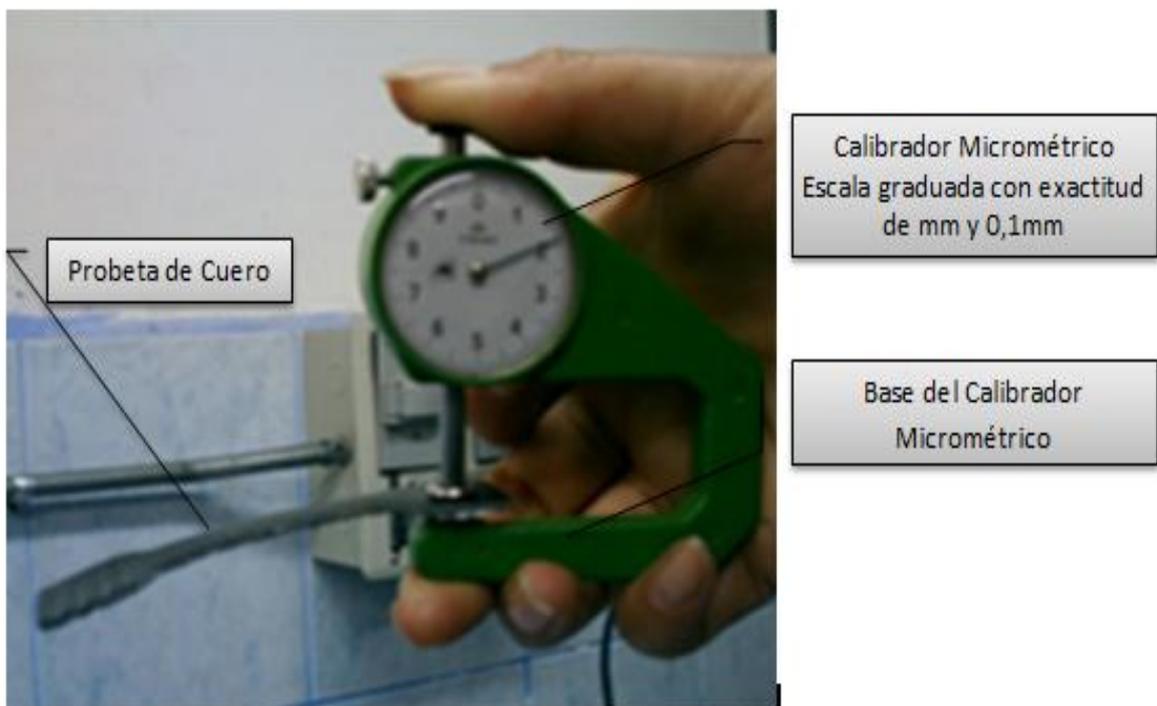
C = Carga de la ruptura (Dato obtenido en el display de la máquina)

A = Ancho de la probeta

E = Espesor de la probeta

#### a. Procedimiento

- Se debió tomar 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 fórmula, cabe indicar que el espesor fue diferente según el tipo de cuero en el cual vamos a hacer el test o ensayo, (fotografía 3).



Fotografía 3. Equipo para medir el espesor del cuero.

- Se tomó las medidas de la probeta (ancho) con el Pie de rey.



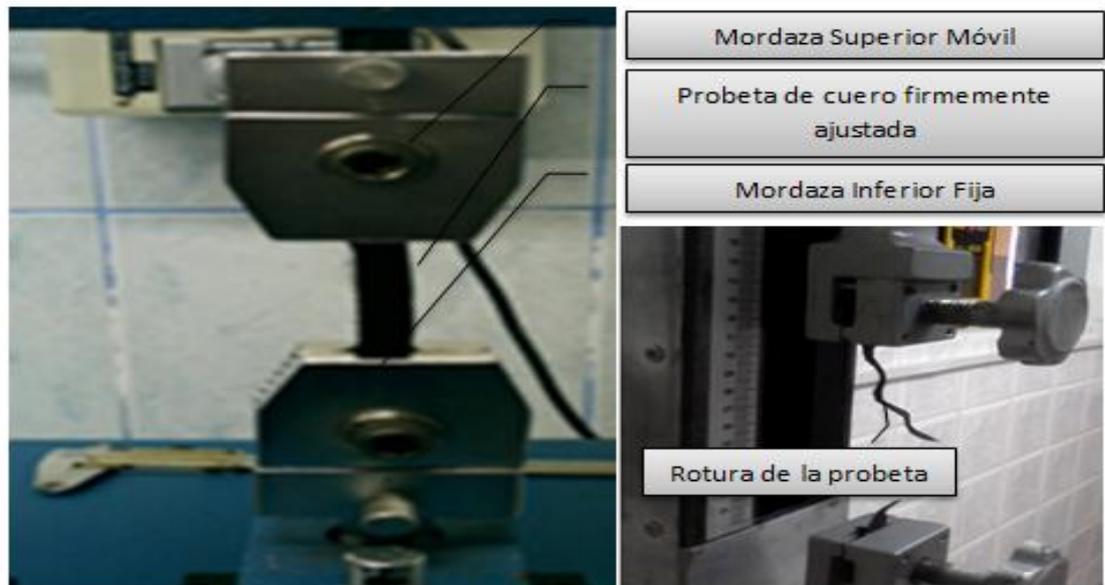
Fotografía 4. Medición con un pie de rey del ancho del cuero.

- Luego se colocó la probeta entre las mordazas tensoras.
- Posteriormente se encendió el equipo y procedió a calibrarlo. A continuación se encero el display (presionando los botones negros como se indica en la fotografía 5; luego se procedió a girar la perilla de color negro-rojo hasta encerrar por completo el display).



Fotografía 5. Encendido del equipo para medir la resistencia a la tensión del cuero.

- Luego se puso en funcionamiento el tensiómetro de estiramiento presionando el botón de color verde como se indica, en la (fotografía 6).



Fotografía 6. Accionamiento del equipo y rotura de la probeta.

- Finalmente se registró el dato obtenido y se aplicó la fórmula.

#### 4. Porcentaje de elongación

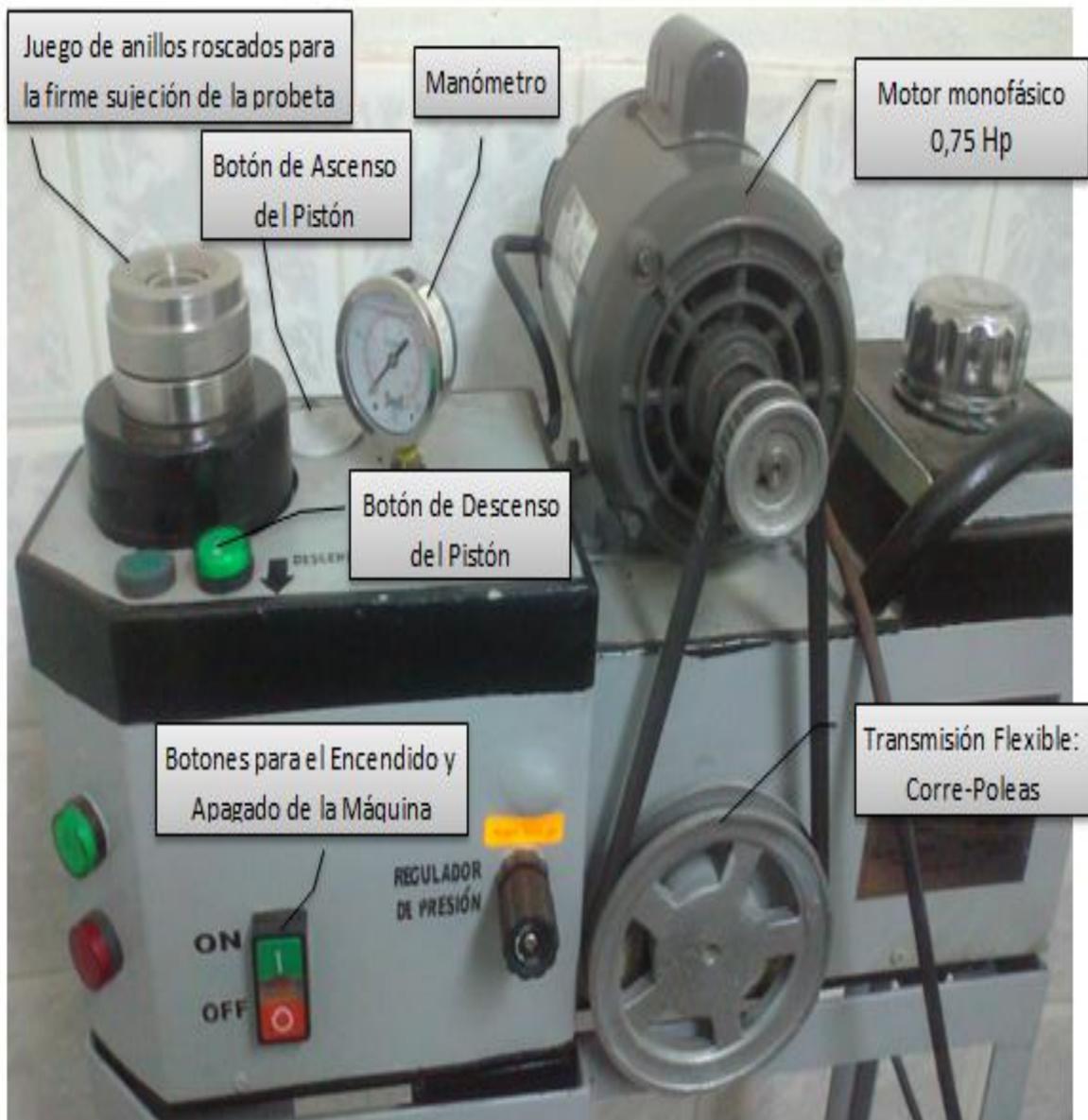
El ensayo del porcentaje de elongación a la rotura se utilizó para evaluar la capacidad del cuero para aguantar las tensiones multidireccionales a que se encuentra sometido en sus usos prácticos. La elongación es particularmente necesaria en los cosidos, en los ojales, y en todas las piezas con orificios 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 reparte por el entramado fibroso del cuero a las zonas adyacentes y en la práctica la probeta se comporta como si sufriera simultáneamente tracciones en todas las direcciones. Por ello el ensayo es 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 desgarró de doble filo, conocido también como método Baumann, en el que se midió la fuerza media de desgarró y en IUP 8, se mide la fuerza en el instante en que comienza el desgarró, para lo cual :

- 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 estuvieron 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.
- La resistencia a la elongación se puede expresar en términos relativos, como el cociente entre la fuerza máxima y el grosor de la probeta, en Newtons/mm, aunque a efectos prácticos es más útil la expresión de la fuerza en términos absolutos, Newtons/cm<sup>2</sup>.

## 5. Lastometría

En el montado de la confección del artículo deseado la piel experimenta una brusca deformación que le llevó de la forma plana a la forma espacial. Esta transformación produjo una fuerte tensión en la capa de flor puesto que la superficie debió alargarse más que el resto de la piel para adaptarse a la forma espacial. Si la flor no fue lo suficientemente elástica para acomodarse a la nueva situación se quiebra y se agrieta. Para ensayar la aptitud al montado de las pieles que deben soportar una deformación de su superficie se utilizó el método IUP 9 basado en el lastómetro. Este instrumento, desarrollado por SATRA, contenía una abrazadera para sujetar firmemente una probeta de cuero de forma circular con el lado flor hacia afuera, y un mecanismo para impulsar a velocidad constante la abrazadera hacia una bola de acero inmóvil situada en el centro del lado carne de la probeta. La acción descendente de la abrazadera deforma progresivamente el cuero, que adquirió una forma parecida a un cono, con la flor en creciente tensión hasta que se produce la primera fisura. En este momento se anotó la fuerza ejercida por la bola y la distancia en milímetros entre la posición inicial de la abrazadera y la que ocupa en el momento de la primera fisura de la flor.

Esta distancia se denominó distensión. La acción no se detenía hasta el momento de la rotura total del cuero, en el que se anotó de nuevo la distensión y la carga, aunque estos datos tienen sólo un carácter orientativo. La lastometría en la primera rotura de la flor fue el parámetro más significativo para juzgar la aptitud del cuero para el montado del artículo final. Las directrices de calidad especifican el cumplimiento de un mínimo de 7 mm, aunque para mayor seguridad debería superarse una distensión de 8 mm. La norma IUP 9 se corresponde totalmente con la DIN 53325, la BS 3144/8 y la UNE 59025. Los métodos ASTM se basan en principios totalmente diferentes, como se ilustra en la (fotografía 7).



Fotografía 7. Máquina para el test de lastometría.

#### **IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES**

##### **A. EVALUACIÓN DE LAS RESISTENCIAS FÍSICAS DE LAS PIELES CAPRINAS CURTIDAS CON DIFERENTES NIVELES DE PRODUCTO ACOMPLEJANTE APLICADO EN EL BAÑO DE CURTIDO AL ALUMINIO**

###### **1. Resistencia a la Tensión**

El análisis de varianza de la resistencia a la tensión de las pieles caprinas, no reportó diferencias estadísticas ( $P > 0,05$ ), por efecto de la utilización de diferentes niveles de agente acomplejante aplicado al baño de curtido al aluminio, estableciéndose las mejores respuestas cuando se curtió las pieles con el 1,75% (T1) de producto acomplejante con valores de 2621,73 N/cm<sup>2</sup>, y que disminuyeron a 2445,07 N/cm<sup>2</sup>, reportadas cuando se curtió las pieles con el 1,5% de agente acomplejante (T1), y las respuestas más bajas se reportaron cuando se curtió las pieles con el 2% de acomplejante (T3), con valores de 2318,04 N/cm<sup>2</sup>, como se indica en el cuadro 7, es decir que al utilizar mayores niveles de agente acomplejante se reportan mejores respuestas de resistencia a la tensión de las pieles caprinas, que es necesario para asegurar la calidad del cuero ya que mientras más resistan los cueros a las fuerzas externas que simulan esta prueba se tendrá un cuero con mayor vida útil y con mejores características y por ende mayor precio en el mercado.

Lo que es corroborado con las apreciaciones de Hidalgo, L. (2004), quien manifiesta que al curtir las pieles con sulfato de aluminio no se tiene una curtición satisfactoria ya que cuando se cambia las condiciones de pH y de cantidad de agua en el resto de procesos este se descurte con facilidad eliminándose el sulfato en el agua ya que es muy afín con esta, por lo cual se hace necesario el uso de un agente químico auxiliar para lograr una mejor curtición y que aunque se ajusten las condiciones las pieles sigan curtidas evitando que el sulfato reaccione con el agua de los otros procesos, esto se logra con agentes químicos que sean afines al sulfato de aluminio los más utilizados son los agentes acomplejantes que forman un compuesto químico con el sulfato en el cual este ya no puede

Cuadro 7. EVALUACIÓN DE LAS RESISTENCIAS FÍSICAS DE LAS PIELS CAPRINAS CURTIDAS CON DIFERENTES NIVELES DE PRODUCTO ACOMPLEJANTE APLICADO EN EL BAÑO DE CURTIDO CON SULFATO DE ALUMINIO.

variables	NIVELES DE PRODUCTO ACOMPLEJANTE, %			EE	Prob
	1,5% T1	1,75% T2	2% T3		
Resistencia a la Tensión, N/cm <sup>2</sup> .	2445,07 a	2621,73 a	2318,04 a	341,42	0,8206
Porcentaje de Elongación, %.	82,81 a	59,06 b	80,31 a	3,37	0,0001
Lastometría, mm.	9,08 c	8,94 b	9,61 a	0,17	0,0294

ns; Prob. >0,05: no existen diferencias estadísticas.

\*; Prob. <0,05: existen diferencias estadísticas.

\*\*; Prob. < 0,01: existen diferencias altamente significativas.

EE: Error estadístico.

Prob: probabilidad.

reaccionar con otro compuesto y permanece en su forma natural en la piel, su nombre se debe a que forman un enlace complejo entre las moléculas de colágeno y las moléculas del sulfato de aluminio que permite que el enlace formado en la curtición sea muy estable y la piel se transforme de manera de volverse una sustancia imputrescible y que genere condiciones de calidad al cuero para cumplir con las normas técnicas de calidad.

Además Soler, (2005), manifiesta que un producto acomplejante se considera a los ácidos orgánicos en los que el grupo carboxilo, confiere carácter polar a los ácidos y permite la formación de puentes de hidrógeno entre la molécula de ácido carboxílico y la molécula de agua. La presencia de dos átomos de oxígeno en el grupo carboxilo hace posible que dos moléculas de ácido se unan entre sí por puente de hidrógeno doble, formando un dímero cíclico. Esto hace que los primeros cuatro ácidos monocarboxílicos alifáticos sean líquidos completamente solubles en agua. El hecho de que las moléculas formen un enlace complejo con el sulfato de aluminio le dan gran resistencia cuando se enfrenta condiciones adversas esto debido a que es muy estable y se debe utilizar mucha energía para lograr romper el enlace, constituyéndose un método viable para curtir las pieles caprinas ya que los agentes químicos utilizados no son agresivos con la piel debido a que presentan muy poca astringencia.

Según las respuestas de resistencia a la tensión que se ilustran en el gráfico 4, se afirma que todos los cueros en la presente investigación al utilizar los diferentes niveles de producto acomplejante adicionado al baño de curtido de sulfato de aluminio cumplen con la norma técnica de resistencia a la tensión IUP 8 (2002), establecida por la Asociación Española del cuero, cuyo valor mínimo permisible es de  $1500 \text{ N/cm}^2$ , para considerarse cueros de buena calidad, estos valores también dependerán de la utilidad a la que será destinado el cuero, que en este caso es la confección de zapatos, por lo tanto los cueros deben ser elásticos, moldeables pero muy resistentes, para que el momento del moldeado del zapato no se produzca la mínima fisura.

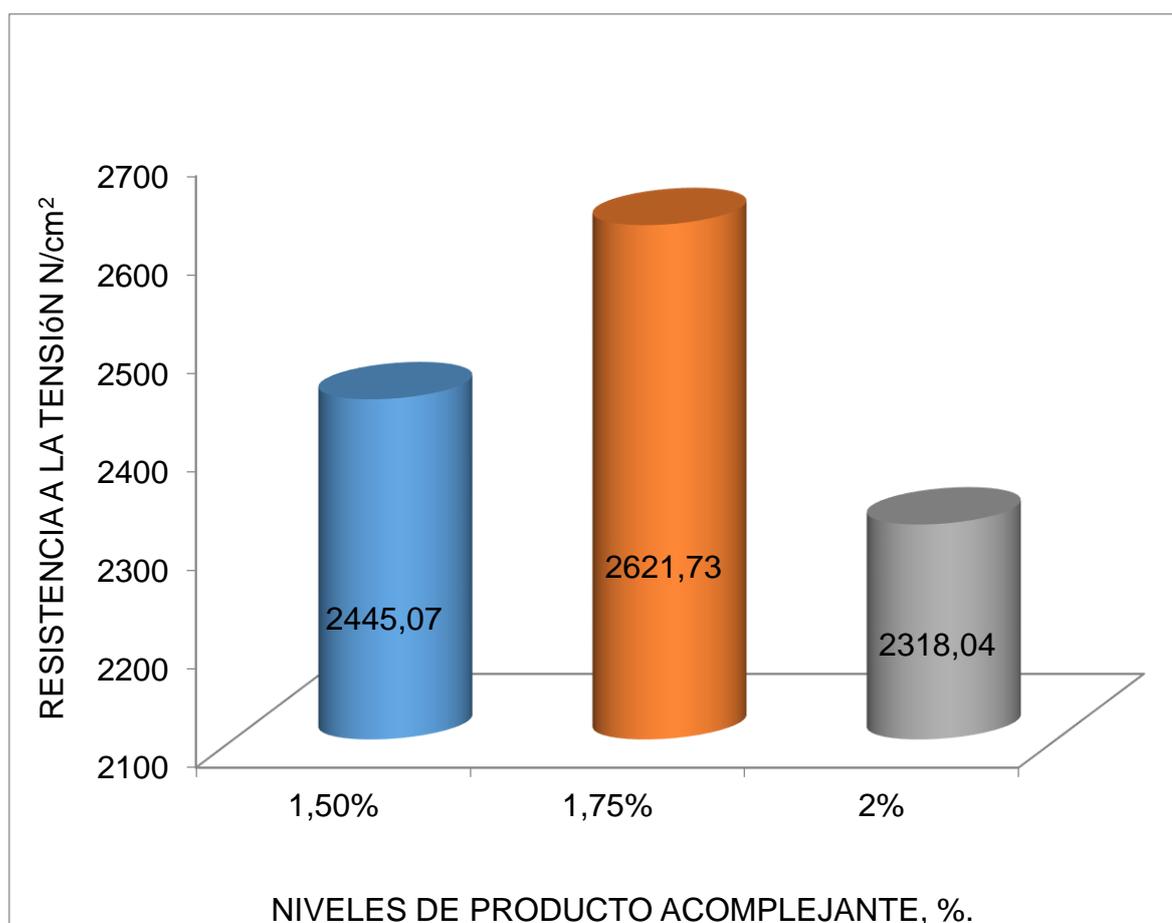


Gráfico 4. Resistencia a la tensión de las pieles caprinas curtidas con diferentes niveles de producto acompanyante aplicado al baño de curtido con sulfato de aluminio.

## 2. Porcentaje de elongación

La valoración estadística del porcentaje de elongación de las pieles caprinas reportó diferencias altamente significativas ( $P < 0.01^*$ ), por efecto de la utilización de diferentes niveles de producto acompanyante adicionado al curtido con sulfato de aluminio, estableciéndose las mejores respuestas cuando se curtió las pieles con el 1,50% de agente acompanyante (T1), con respuestas de 82,81%, y que descendieron a 80,31% cuando se curtió las pieles caprinas con el 2% de agente acompanyante (T3), mientras tanto que las respuestas más bajas se registraron cuando se curtió las pieles con el 1,75% de agente acompanyante (T2), con una elongación de 59,06%, como se ilustra en el gráfico 5, es decir que al utilizar menores niveles de agente acompanyante en combinación con sulfato de aluminio

se obtienen mejores respuestas de porcentaje de elongación. Las pruebas físicas constituyen el principal factor para determinar la calidad del cuero, su facilidad de confección y su comportamiento en el uso práctico, es necesario analizar todos los factores que pueden influir en sobre estas resistencias, que no es recomendable debido a que disminuye el costo de venta de cuero.

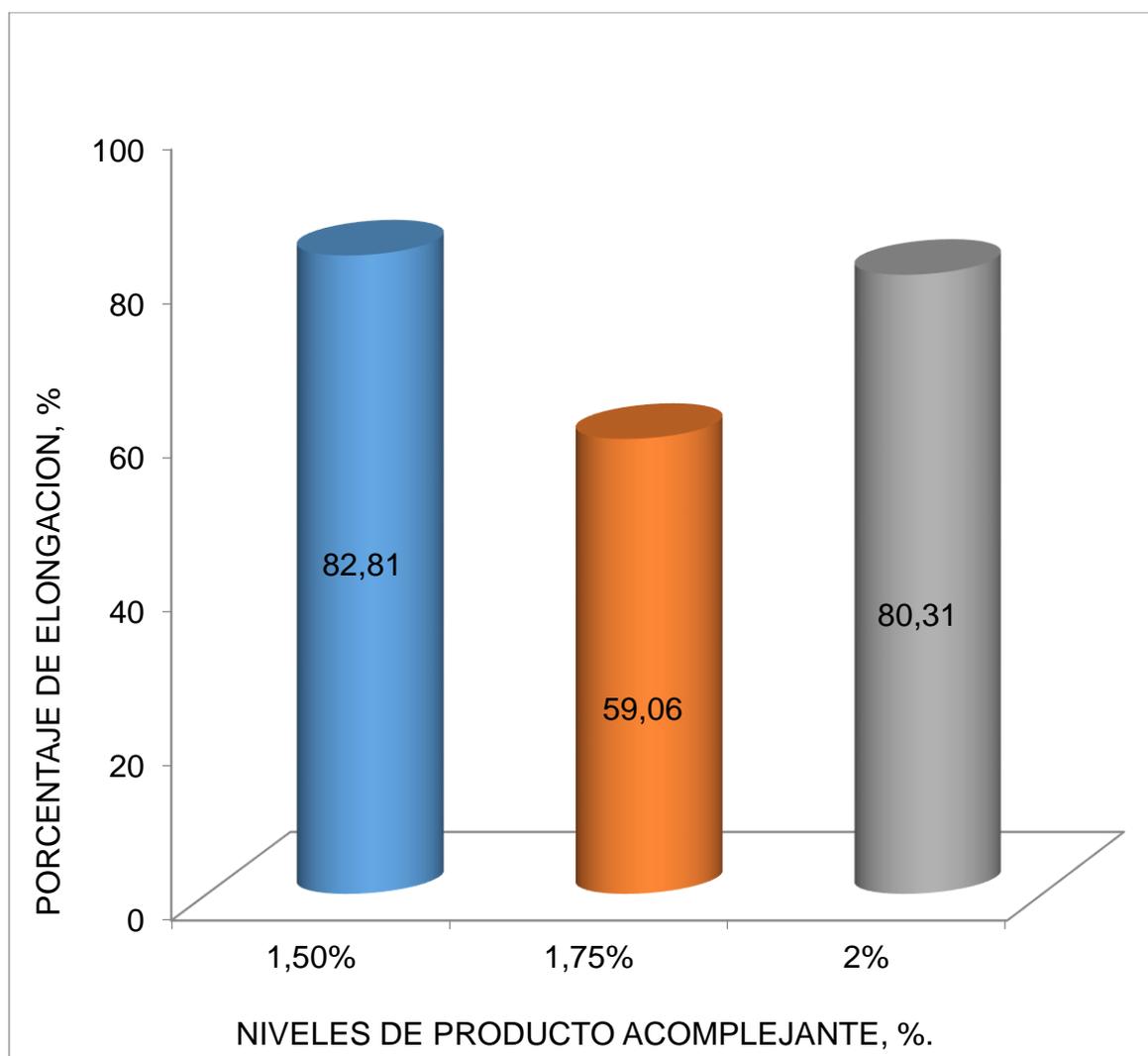


Gráfico 5. Porcentaje de elongación de las pieles caprinas curtidas con diferentes niveles de producto acompletejante aplicado al baño de curtido con sulfato de aluminio.

Al respecto Bacardit, A. (2004), manifiesta que el porcentaje de elongación consiste en una prueba mediante la cual se estira el cuero con un equipo que está constituido por dos mordazas, sirve para determinar el estiramiento el cuero por

efecto de fuerzas externas continuas, simula condiciones naturales a las cuales puede ser expuesto el cuero. Es necesario conocer que las moléculas de agente curtiente que se mezclan con las moléculas de cuero deben tener un espacio para desplazarse en el plano cuando se someten estas fuerzas y logren moverse sin que exista fricción entre ellas para evitar que al existir colisiones se rompan las moléculas y se desgare el cuero disminuyendo el porcentaje de elongación de los cueros. Con la finalidad de conseguir una curtición fuerte se deberá escoger el tipo de agente producto acomplejante acorde a las condiciones de curtición, ya que el agente auxiliar también ocupa espacio y es el que se utiliza para que la reacción sea total así como también es el que ajusta las condiciones de pH y contenido de agua, si no se elige el nivel adecuado de agente auxiliar se tendrá que las pieles pueden quedar con exceso de moléculas del mismo y esto generará que las pieles se rompan cuando se las estire, que podría ser sinónimo de un mal proceso de curtido ya que es necesario recordar que una característica de las pieles cuando se curte con sulfato de aluminio no es tan estable y necesita de un agente auxiliar para lograr una curtición completa y evitar cualquier inconveniente.

Al utilizar menores niveles de agente curtiente se consigue mejores respuestas de elongación se debe a que las moléculas que se encuentran formando parte del complejo cuando se curte con sulfato de aluminio y agente acomplejante aumentan su tamaño ya que es una molécula compleja y esto ocasiona que no exista mucho espacio en el cual se puedan desplazar cuando se les aplica fuerzas con lo cual su coeficiente de estiramiento baja y las respuestas también disminuyan.

Mediante el análisis de regresión que se determinó para el porcentaje de elongación como se ilustra en el gráfico 6, se aprecia que los datos se ajustan a una tendencia cuadrática altamente significativa, donde se aprecia que partiendo de un intercepto de 1170,3, inicialmente el porcentaje de elongación desciende en 1265 con la aplicación de 1,75% de agente acomplejante, para posteriormente ascender en 360,0; con la curtición en la que se incluye 2% de agente acomplejante en combinación con sulfato de aluminio (T3), con un coeficiente de determinación  $R^2$  de 58,79%; mientras tanto que, el 41,21% restante depende de otros factores no considerados en la presente investigación y que tiene que ver básicamente con

la precisión en el pesaje de los productos químicos. La ecuación de regresión cuadrática aplicada fue:

$$\text{Porcentaje de elongación} = + 1170,3 - 1265\% \text{ PA} + 360(\% \text{PA})^2$$

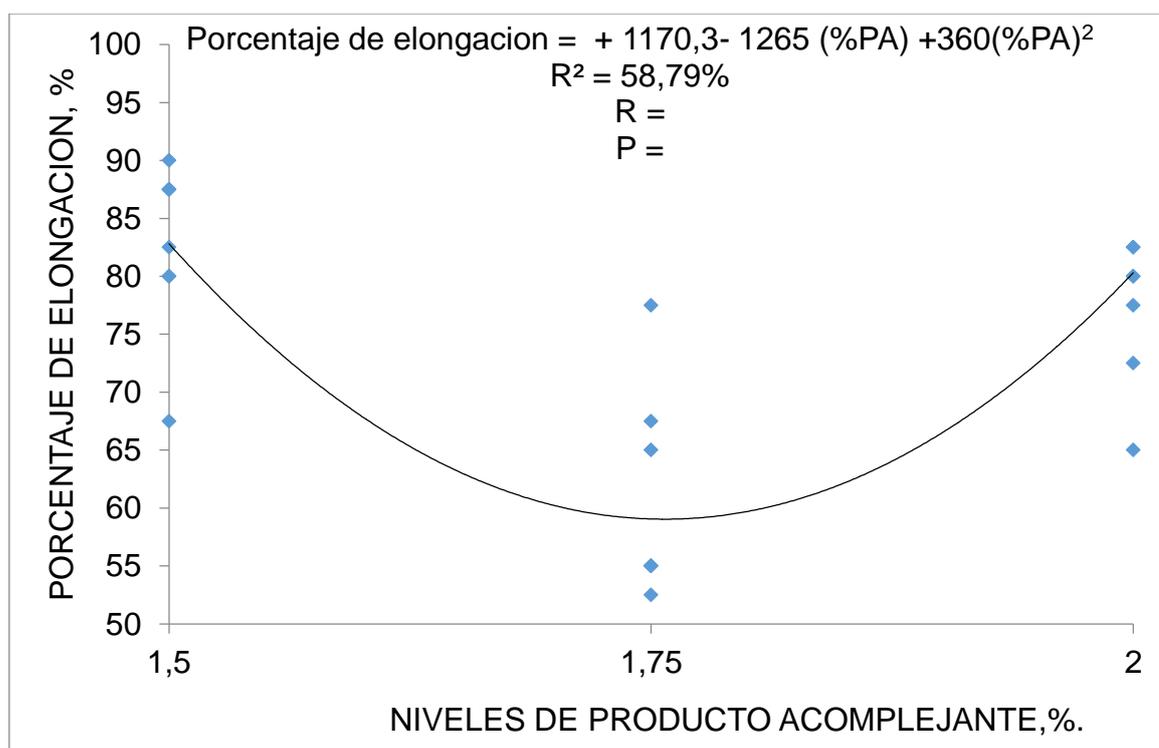


Gráfico 6. Regresión del porcentaje de elongación de las pieles caprinas curtidas con diferentes niveles de producto acompanyante aplicado al baño de curtido con sulfato de aluminio.

### 3. Lastometría

En el análisis de la prueba física lastometría de las pieles caprinas curtidas no reportaron diferencias estadísticas ( $P > 0,05$ ) entre medias por efecto de la utilización de diferentes niveles de agente acompanyante, estableciéndose las mejores respuestas cuando se curtió las pieles con el 2% de agente acompanyante (T3) con valores de 9,61 mm, luego se ubicaron los registros cuando se curtió las pieles caprinas con el 1,5% de agente acompanyante (T1), cuyos valores fueron de 9,08 mm, en tanto que las respuestas más bajas fueron registradas al curtir con el 1,75% de agente acompanyante (T2), con 8,94 puntos como se ilustra en el gráfico

7, es decir que para conseguir mejores respuestas de lastometría en las pieles caprinas se debe curtir con mayores niveles de agente acomplejante adicionado a la curtición con sulfato de aluminio con la finalidad de que cumplan con las normativas impuestas en mercados nacionales e internacionales ya que la finalidad de estas pruebas es asegurar que la calidad del cuero sea la adecuada de tal manera que el tiempo de vida útil se prolongue.

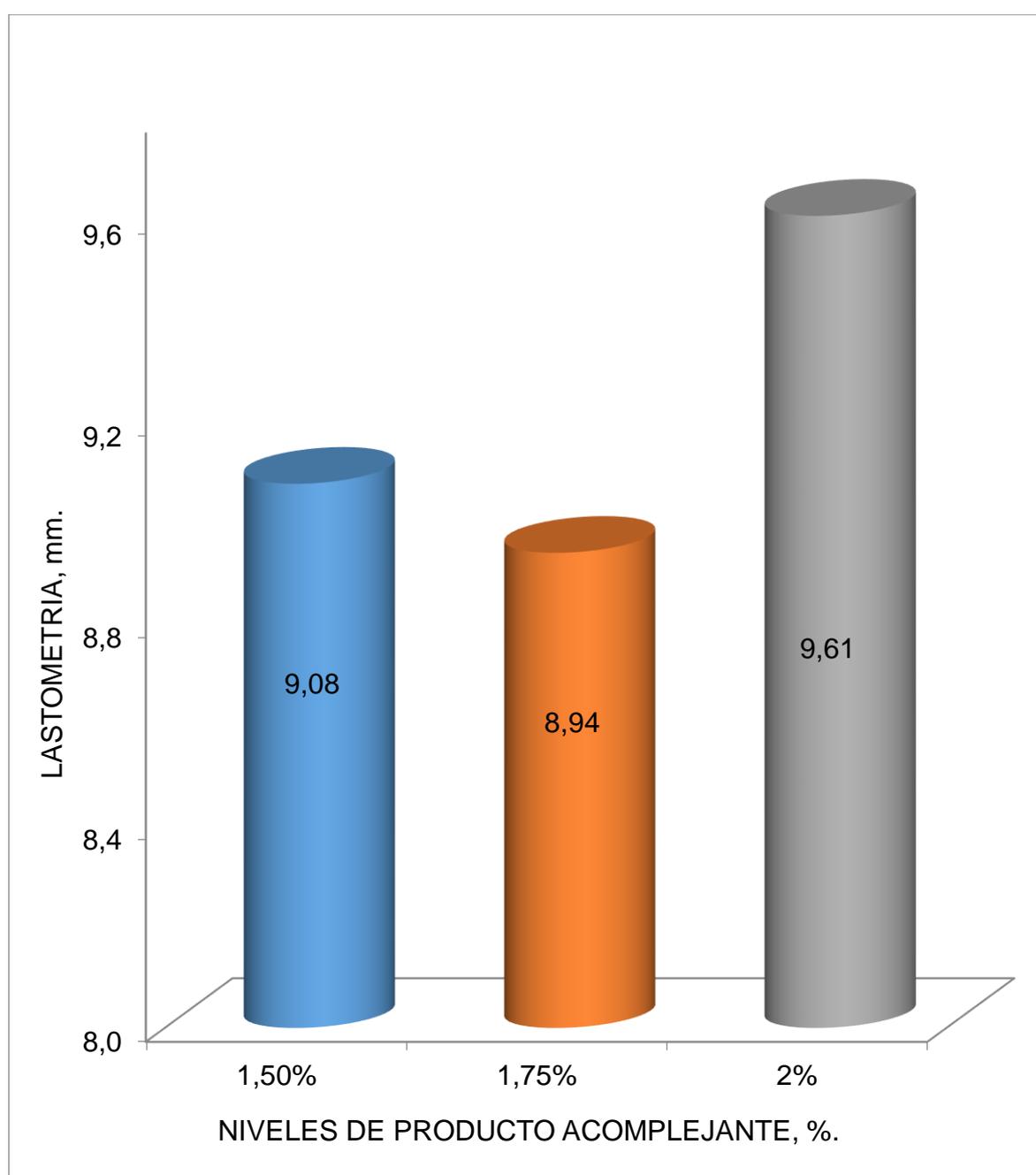


Gráfico 7. Lastometría de las pieles caprinas curtidas con diferentes niveles de producto acomplejante aplicado al baño de curtido con sulfato de aluminio.

Según la normativa internacional IUP 8 (2002), de la Asociación Española del Cuero, quien establece como límite permisible una lastometría de 7,5 mm, para considerarse como cueros muy resistentes a la fricción, se aprecia que según los resultados expuestos en todos los tratamientos que se cumple con esta exigencia por tanto son considerados de primera calidad. La lastometría es una prueba que combina el porcentaje de elongación con la resistencia a la tensión y consiste en estirar al cuero y someterle a fuerzas físicas de fricción, con lo cual simula todas las condiciones que experimentan los cueros cuando se curten para la confección de calzado o de prendas de vestir que se necesitan cueros de elevada calidad ya que se pueden desgarrar con facilidad y disminuir la vida útil.

Lo que es corroborado según las afirmaciones de Ponti, B. (2008), quien menciona que la curtición con sulfato de aluminio requiere ser reforzada con un producto acomplejante, para evitar los defectos descurtición que es uno de los problemas de este curtiente mineral, utilizando dos agentes curtientes, que forman un complejo estable con las fibras de colágeno se logran una curtición total, ya que se mejora las condiciones de pH permitiendo el ingreso adecuado en el entretejido fibrilar para conseguir la curtición total de manera que al realizar la fricción con cuerpos extraños no se rompa con facilidad. Las pruebas físicas miden el grado de resistencia del enlace formado por las moléculas de colágeno y las moléculas de agente curtiente, ya que el resultado de las mismas dependerá de la cantidad de energía que se les debe proporcionar a las pieles para que el enlace de curtiente-colágeno se separe.

Además Hidalgo, L. (2004), reporta que el enlace que forma la piel con el sulfato de aluminio es muy débil porque no se encuentran unidas la mayor parte de moléculas de colágeno con el curtiente, para ello se busca utilizar un agente acomplejante auxiliar de las mismas características para que pueda haber competencia en el seno de la reacción y no todas las moléculas reaccionen con el sulfato de aluminio sino que también reaccionen con el agente acomplejante y se forme un mayor número de enlaces que permite que más fibras de colágeno estén enlazadas y aumente la fuerza de unión que existe en el cuero evitando que los resultados a las pruebas físicas no sean satisfactorios.

## **B. EVALUACIÓN DE LAS CALIFICACIONES SENSORIALES DE LAS PIELES CAPRINAS CURTIDAS CON DIFERENTES NIVELES DE PRODUCTO ACOMPLEJANTE APLICADO AL BAÑO DE CURTIDO CON SULFATO DE ALUMINIO**

### **1. Llenura**

Los resultados estadísticos de la variable sensoria llenura de las pieles caprinas no reportaron diferencias estadísticas ( $P>0,05$ ) por efecto de la utilización de diferentes niveles de agente acomplejante, determinándose las mejores respuestas al utilizar el 2% de agente acomplejante (T3), con resultados de 4,75 puntos y calificación excelente de acuerdo a la escala propuesta por Hidalgo, L. (2016), a continuación se ubicaron las respuestas del lote de pieles caprinas del tratamiento T2 (1,75% de agente acomplejante), ya que los valores fueron de 4,38 puntos y calificación muy buena según la mencionada escala mientras tanto que las respuestas más bajas se lograron cuando se curtió las pieles caprinas con el 1,5% de agente acomplejante (T1), con respuestas de llenura igual a 4,00 puntos y calificación muy buena como se muestra en el (cuadro 8).

Las aseveraciones expuestas tienen su fundamento en lo que indica Saldarriaga, L. (2016), que al utilizar mayores niveles de agente acomplejante en combinación con sulfato de aluminio en la curtición de pieles caprinas se reportan mejores respuestas de llenura que mide el grado de agentes químicos que han logrado traspasar las capas externas de la piel y se han ubicado en la parte media de las fibras de colágeno para transformarlas en un producto imputrescible, es decir el proceso de curtición, también las respuestas dependerán del tamaño de las moléculas de agente curtiente ya que el experto cuando realiza la evaluación de los cueros sentirá el enriquecimiento fibrilar que no sea ligero ni excesivo, por lo general las moléculas de sulfato de aluminio logran reaccionar muy bien con las fibras de colágeno cuando se ajusta las condiciones de temperatura y pH pero lo que se ve perjudicado cuando se da esta curtición es que el sulfato de aluminio tiene más afinidad con el agua que con las fibras de colágeno y una vez que entra en contacto con moléculas de agua en los siguientes procesos esto ocasiona que las pieles queden descurtidas ya que todo el curtiente se disocia y reacciona con

Cuadro 8. EVALUACIÓN DE LAS CALIFICACIONES SENSORIALES DE LAS PIELES CAPRINAS CURTIDAS CON DIFERENTES NIVELES DE PRODUCTO ACOMPLEJANTE APLICADO AL BAÑO DE CURTIDO CON SULFATO DE ALUMINIO.

Variables	NIVELES DE PRODUCTO ACOMPLEJANTE, %			EE	Prob.
	1,5% T1	1,75% T2	2% T3		
Llenura, puntos	4,00 b	4,38 c	4,75 a	0,21	0,0611
Blandura, puntos	3,50 b	4,38 a	4,88 a	0,17	<0,0001
Redondez, puntos	3,50 b	4,38 a	4,63 a	0,19	0,0008

ns; Prob. >0,05: no existen diferencias estadísticas.

\*; Prob. <0,05: existen diferencias estadísticas.

\*\*; Prob. < 0,01: existen diferencias altamente significativas.

EE: Error estadístico.

Prob: probabilidad.

el agua y las fibras de colágeno están en condiciones normales, por lo cual se necesita usar un agente químico auxiliar que consiga que las moléculas de sulfato de aluminio permanezcan estables. Al utilizar dos agentes químicos curtientes en igual proporción, ocasiona que más fibras de colágeno estén reaccionando con los agentes curtientes y se transformen, por lo tanto en el seno de la reacción existirá gran número de moléculas lo cual ocasiona que mejore el espesor en el cuero, y la piel se sienta adecuadamente llena es decir que se ha estabilizado los enlaces con el uso de dos agentes curtientes por lo tanto muy pocas moléculas de agentes curtientes se pierdan en los procesos que sufre después de la curtición en conclusión mayores niveles de producto acomplejante producen una mejor calificación de llenura como se ilustra en el (gráfico 8).

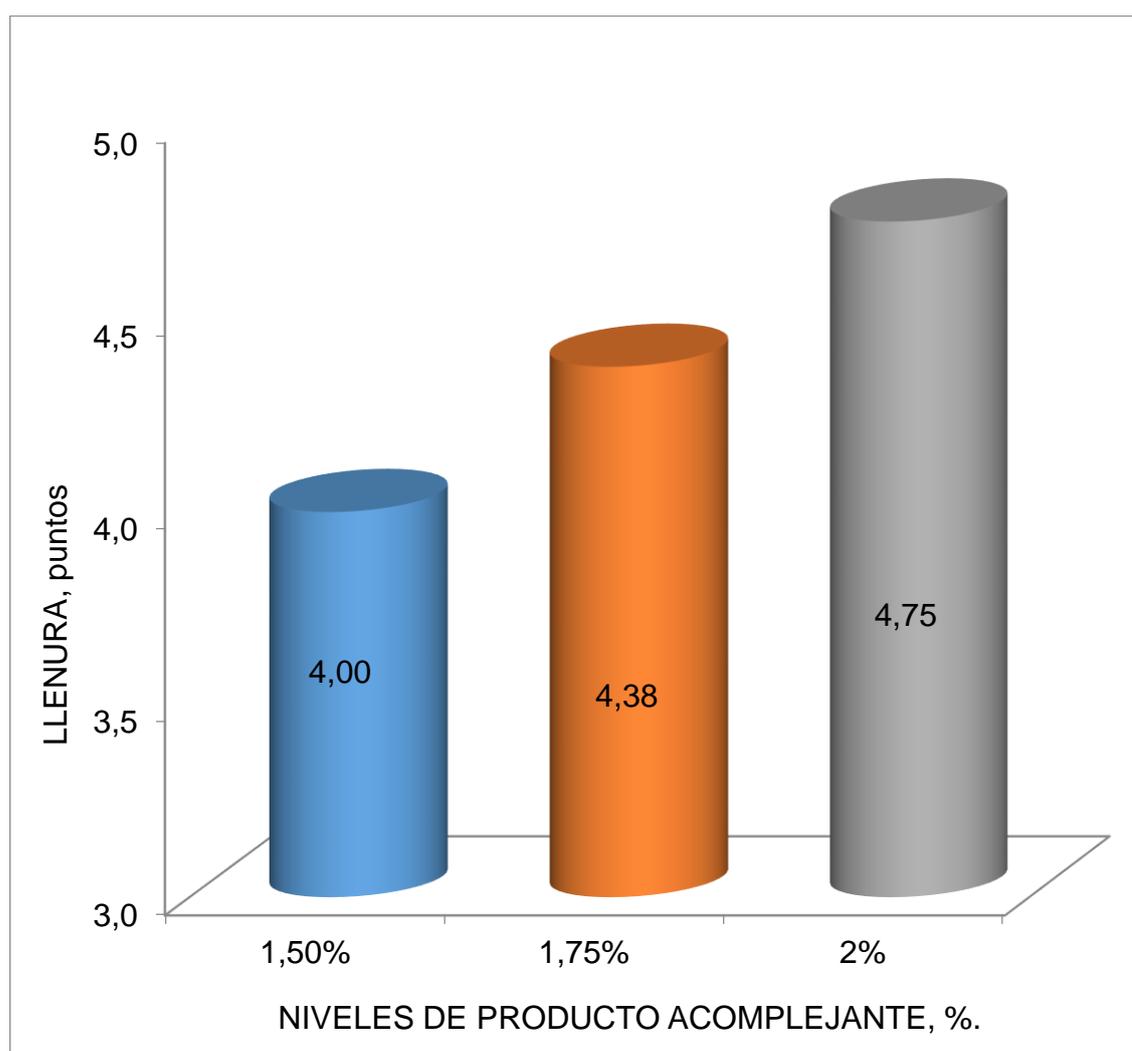


Gráfico 8. Llenura de las pieles caprinas curtidas con diferentes niveles de producto acomplejante aplicado al baño de curtido con sulfato de aluminio.

## 2. Blandura

Los valores medios reportados de blandura de las pieles caprinas establecieron diferencias altamente significativas ( $P < 0.01^{**}$ ), de acuerdo a la prueba de Kruskal Wallis, por efecto de la utilización de diferentes niveles de agente acomplejante adicionado a la curtición con sulfato de aluminio, apreciándose las mejores respuestas cuando se curtió las pieles con el 2% de agente acomplejante (T3), con 4,88 puntos y calificación excelente de acuerdo a la escala propuesta por Hidalgo, L. (2016), y que descendieron hasta alcanzar medias iguales a 4,38 puntos y calificación muy buena cuando se curtió las pieles caprinas con el uso de 1,75% de agente acomplejante (T2), mientras tanto que las respuestas más bajas se registraron al curtir las pieles caprinas con el 1,5% de agente acomplejante (T1), ya que las calificaciones fueron de 3,50 puntos y condición buena, como se ilustra en el gráfico 9, con lo cual se puede afirmar que para mejores respuestas de blandura al curtir pieles caprinas se deben utilizar mayores niveles de agente acomplejante en combinación con sulfato de aluminio.

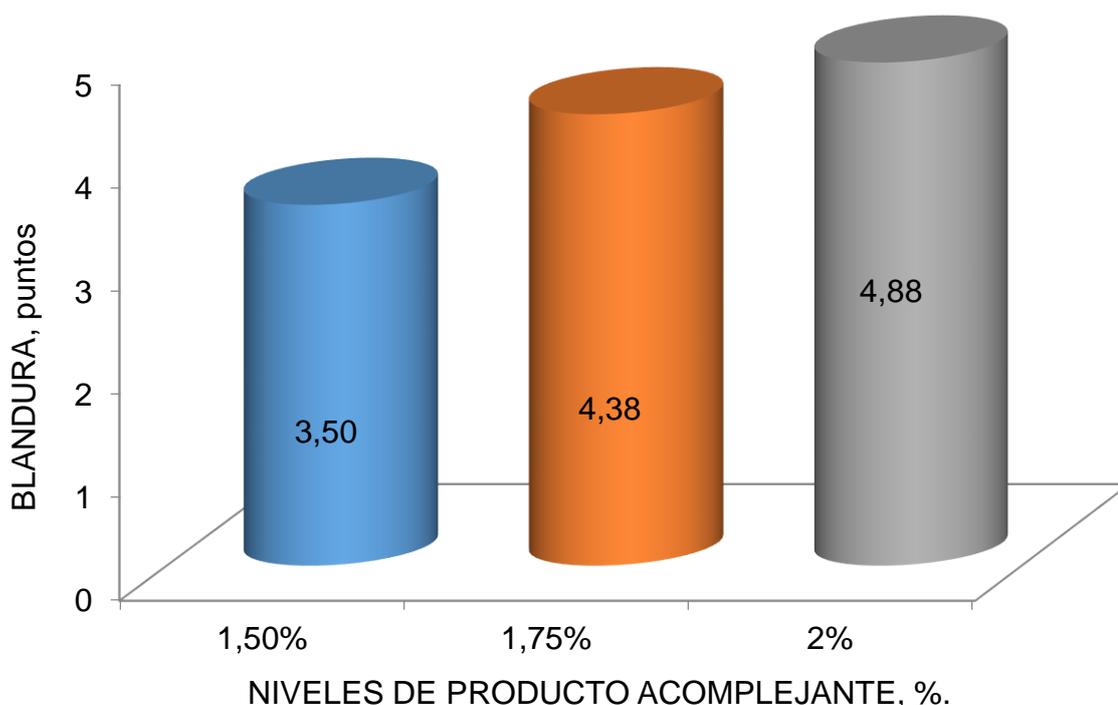


Gráfico 9. Blandura de las pieles caprinas curtidas con diferentes niveles de producto acomplejante aplicado al baño de curtido con sulfato de aluminio.

Al respecto Libreros, J. (2003), manifiesta que uno de los factores más importantes que hacen que las pieles presenten mayor aceptación en el mercado es cuando se consigue buenas características sensoriales, como color tacto, características de la flor ya que mediante los sentidos el consumidor evalúa la calidad del cuero y su preferencia si logra impactar mejor, por eso se debe buscar elevar estas características en el cuero acompañándolos de buenas características físicas para que presente una buena calidad. La blandura evalúa la caída del cuero y la sensación que se tiene de la capa flor del cuero, muchas veces los cueros se encuentran rígidos por el tipo de agente curtiente utilizado ya que es muy astringente y genera que la piel se vuelva tensa por su transformación total, lo que no ocurre cuando se utiliza el agente curtiente sulfato de aluminio que es muy poco reactivo con las fibras de colágeno pero si logra una transformación adecuada de la misma sin lograr que este se vea afectada que es lo que hace que el cuero sea superior sobre las fibras artificiales como el poliéster, sintético, entre otros, también se ve que el uso de agentes acomplejantes no afecta las características de la piel ya que la principal función de las mismas es reaccionar con el sulfato de aluminio para hacerlo más estable y regular las condiciones de pH y humedad, reaccionando con muy pocas moléculas de colágeno lo cual le da la característica de ser un agente químico curtiente poco astringente, esto hará que la blandura del cuero se vea poco afectado y genere buenas respuestas y gran calidad de cuero.

Mediante el análisis de regresión para la blandura que se ilustra en el gráfico 10, se aprecia que los datos se ajustan a una tendencia cuadrática altamente significativa, donde se aprecia que partiendo de un intercepto de 9,63; inicialmente la blandura asciende en 13,25 con la aplicación de 1,75% de agente acomplejante, para posteriormente descender en 3,0; con la curtición en la que se incluye 2% de agente acomplejante en combinación con sulfato de aluminio (T3), con un coeficiente de determinación  $R^2$  de 62%; mientras tanto que, el 38% restante depende de otros factores no considerados en la presente investigación y que tiene que ver básicamente con la precisión en el pesaje de los productos químicos así como también la calidad de la materia prima utilizada en la curtición. La ecuación de regresión cuadrática aplicada fue:

$$\text{Blandura} = - 9,63 + 13,25 (\% \text{acomplejante}) - 3,0 (\% \text{acomplejante})^2 .$$

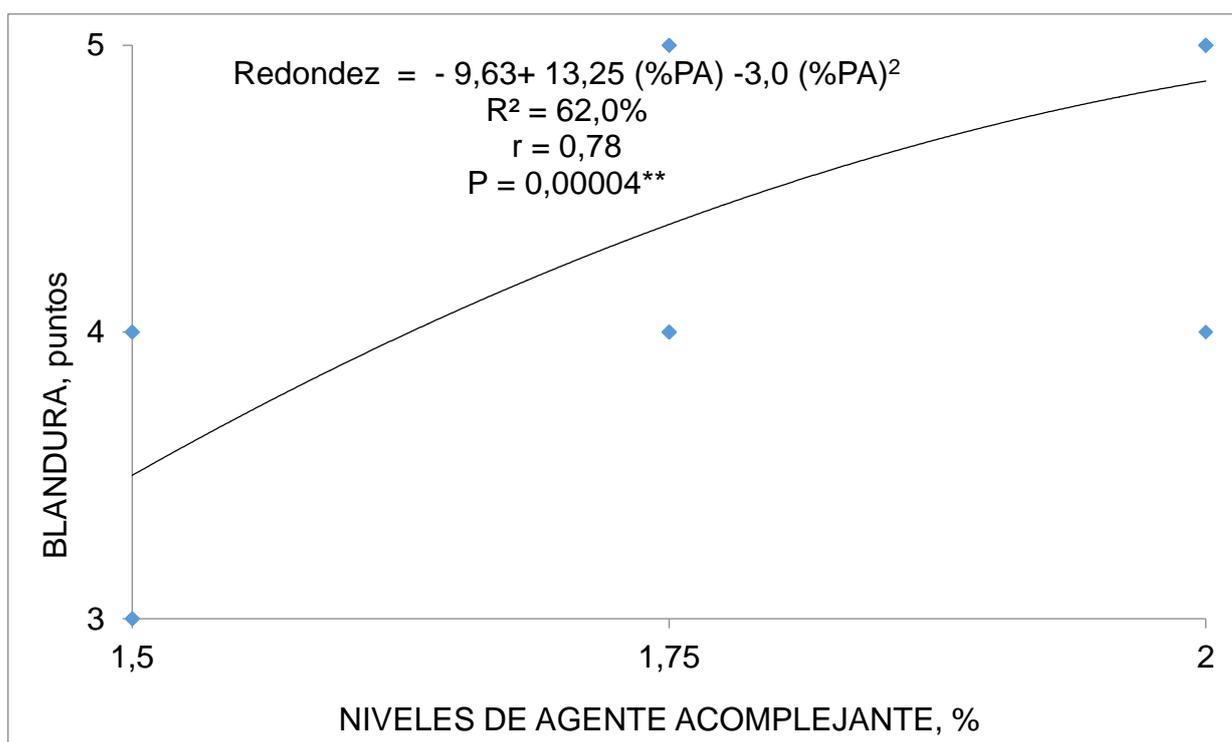


Gráfico 10. Regresión de la blandura de las pieles caprinas curtidas con diferentes niveles de producto acompletejante aplicado al baño de curtido con sulfato de aluminio.

### 3. Redondez

El análisis estadístico de la calificación sensorial redondez de las pieles caprinas diferencias altamente significativas ( $P < 0.01^{**}$ ), de acuerdo a la prueba de Kruskal Wallis, por efecto de la utilización de diferentes niveles de agente acompletejante, estableciéndose las mejores respuestas al curtir las pieles con el 2% de agente acompletejante (T3), cuyas medias fueron de 4,63 puntos y calificación excelente de acuerdo a la escala propuesta por Hidalgo, L. (2016), y que disminuyeron a 4,38 puntos, cuando se curtió las pieles con el 1,75% de agente acompletejante (T2), en tanto que las respuestas más bajas fueron registrar al adicionar en la curtición con sulfato de aluminio 1,5% de agente acompletejante (T1), ya que los resultados de redondez fueron de 3,50 puntos conservando la calificación de muy buena como se ilustra en el gráfico 11. Con los resultados alcanzados se afirma que para alcanzar mejores respuestas de redondez en las la curtición de pieles caprinas se debe utilizar mayores niveles de agente acompletejante combinándolo con sulfato de aluminio que es un agente curtiente de origen mineral.

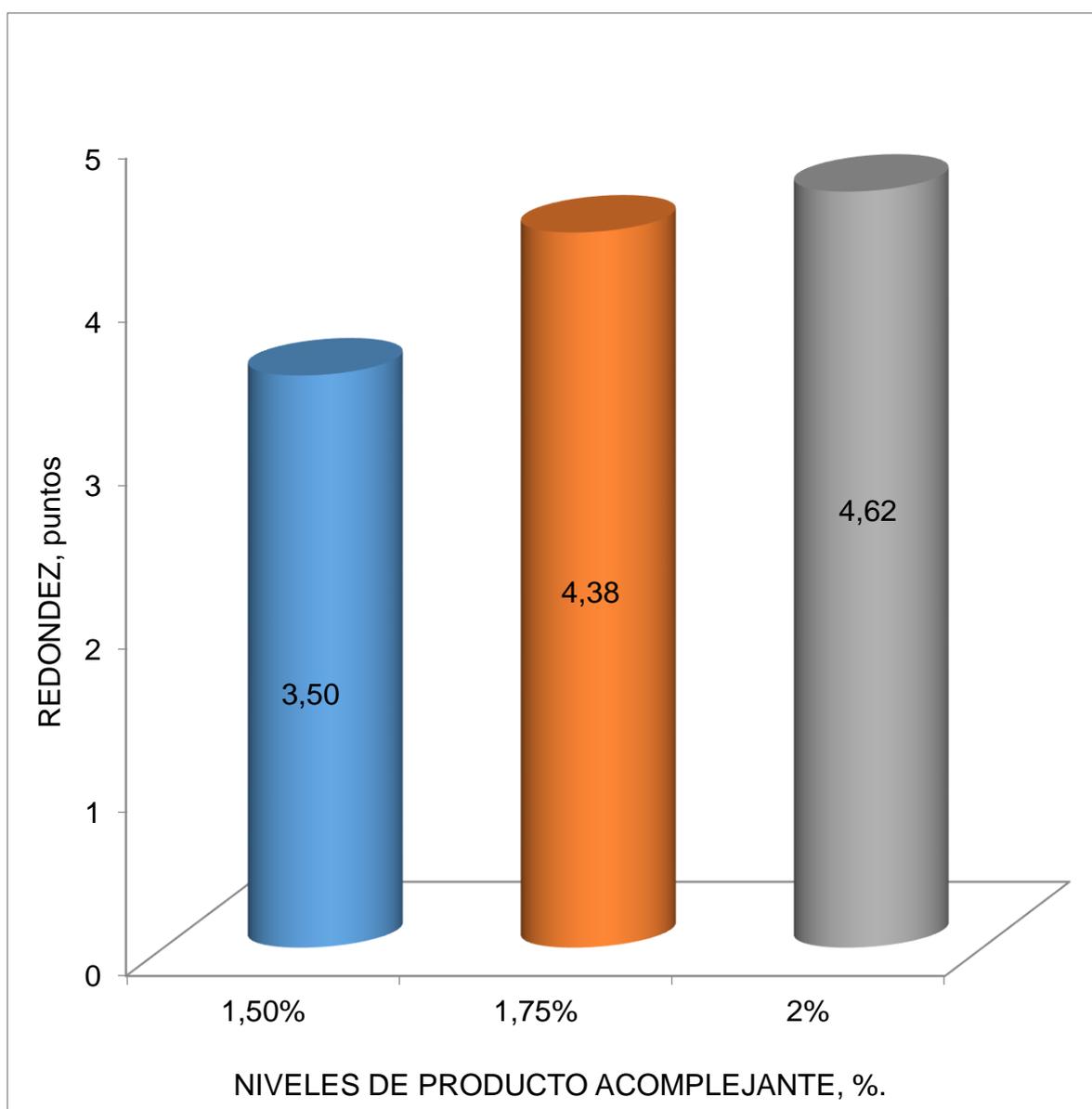


Gráfico 11. Redondez de las pieles caprinas curtidas con diferentes niveles de producto acompletejante aplicado al baño de curtido con sulfato de aluminio.

Según Zapata, M. (2016), la redondez mide que tan compacta esta la piel y si existen fallas como hendiduras cicatrices, quemaduras, entre otras siendo necesario ajustar la condiciones de curtido a lo mejor posible ya que de la calificación que se tenga a esta prueba dependerá de todos los procesos que sufre la piel en su transformación que es donde se pueden enmascarar malos resultados para mejorar la redondez de los cueros curtidos con sulfato de aluminio en combinación con agente acompletejante ya que logran ocupar grandes espacios

entre las fibras de colágeno evitando que exista hendiduras o huecos dando una sensación de redondez escasa. Cuando se evalúa las pieles, también permite ajustar de manera óptima las condiciones para los siguientes procesos ya que el agente acomplejante es regulador de las condiciones, este se encarga de ajustar las mejores condiciones de pH, humedad y concentración de colágeno, todo esto es importante cuando se busca obtener cueros de calidad elevada es necesario no permitir que alguna condición dañe el proceso de curtido ya que muchas veces puede generar daños debido a que no se podrá enmascarar los efectos producidos por los mismos y se deseche la piel. Las nuevas formas de curtición se deben adaptar a los factores que se implican en todos los procesos, el sulfato de aluminio se ajustaba únicamente para curtir pieles de especies menores ya que no se descubrían los agentes acomplejantes y ocurría que se debía utilizar niveles muy altos de este curtiente pero a raíz de que se comenzó a utilizar los agentes para curtir aumento la rentabilidad del mismo.

Mediante el análisis de regresión para la redondez que se ilustra en el gráfico 12, se aprecia que los datos se ajustan a una tendencia cuadrática altamente significativa, donde se aprecia que partiendo de un intercepto de de 14,88, inicialmente la blandura asciende en 19,75 con la aplicación de 1,75% de agente acomplejante, para posteriormente descender en 5,0; con la curtición en la que se incluye 2% de agente acomplejante en combinación con sulfato de aluminio (T3), con un coeficiente de determinación  $R^2$  de 49,26%; mientras tanto que, el 50,74% restante depende de otros factores no considerados en la presente investigación y que tiene que ver básicamente con la calidad de los productos sobre todos lo utilizados en el proceso de curtido ya que de una casa comercial a otra varia su método de obtención y muchas veces no tienen la funcionabilidad que se requiere. La ecuación de regresión cuadrática aplicada fue:

$$\text{Redondez} = - 14,88 + 19,75(\% \text{ de acomplejante}) - 5,0(\% \text{ de acomplejante})^2$$

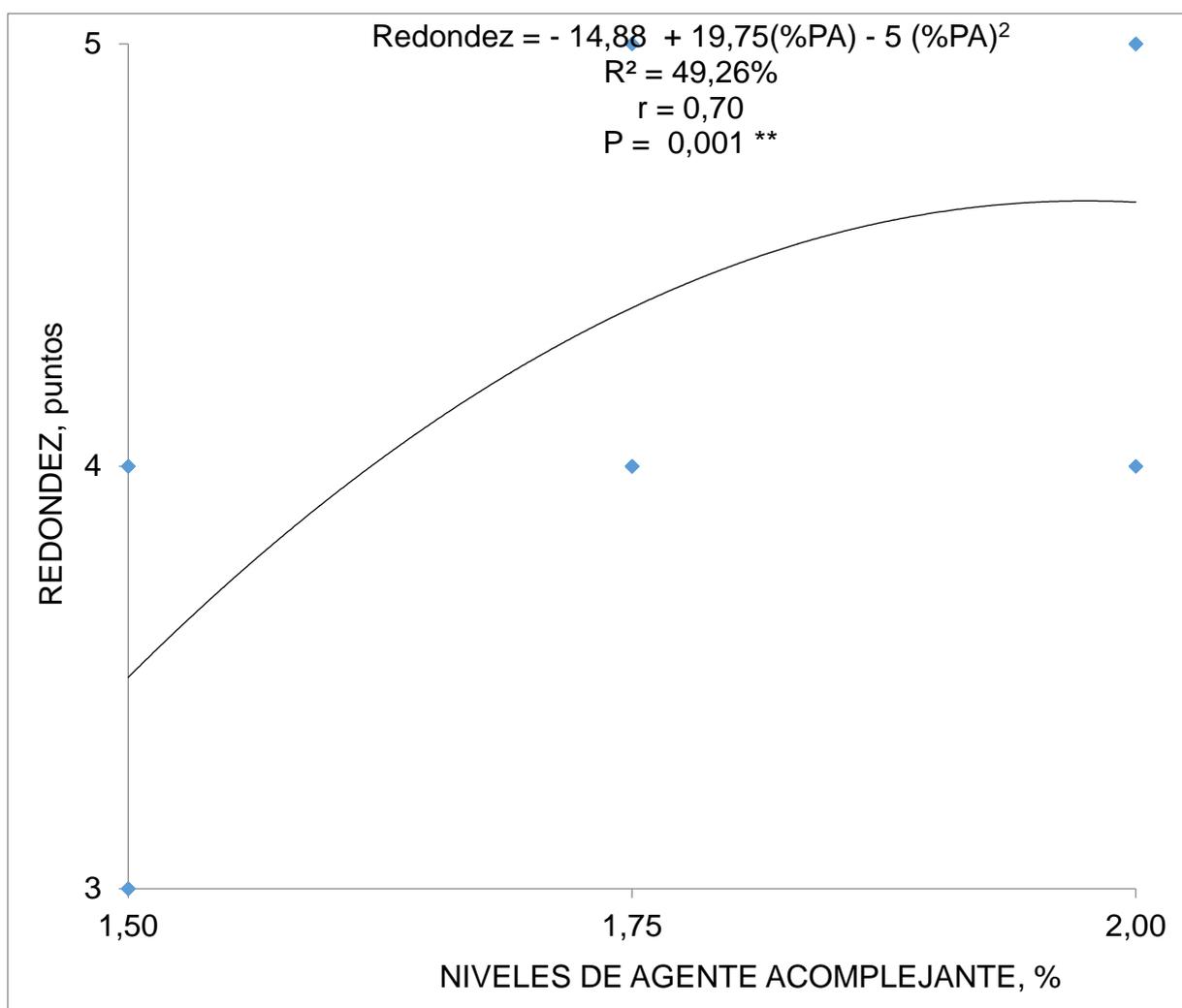


Gráfico 12. Regresión de la redondez de las pieles caprinas curtidas con diferentes niveles de producto acompletejante aplicado al baño de curtido con sulfato de aluminio.

### C. MATRIZ DE CORRELACIÓN ENTRE VARIABLES FÍSICAS Y SENSORIALES DE LAS PIELS CAPRINAS CURTIDAS CON DIFERENTES NIVELES DE PRODUCTO ACOMPLEJANTE APLICADO AL BAÑO DE CURTIDO CON SULFATO DE ALUMINIO

Para saber el grado de correlación que existe entre las variables dependientes en función de la variable independiente (diferentes niveles de producto acompletejante), en los cueros caprinos curtidos con sulfato de aluminio, se utilizó la Matriz Correlacional de Pearson y que se describe a continuación en el (cuadro 9).

Cuadro 9. MATRIZ DE CORRELACIÓN ENTRE VARIABLES FÍSICAS Y SENSORIALES DE LAS PIELS CAPRINAS CURTIDAS CON DIFERENTES NIVELES DE PRODUCTO ACOMPLEJANTE APLICADO AL BAÑO DE CURTIDO CON SULFATO DE ALUMINIO.

Niveles de Producto Acomplejante	Niveles de Producto Acomplejante	Resistencia la tensión	Porcentaje de elongación	Lastometría	Llenura	Blandura	Redondez
	1	**	**				
Resistencia la tensión	- 0,06	1	**	**	*	**	**
Porcentaje de elongación	- 0,7	0,13	1	*	**	**	
Lastometría	0,4	-0,01	0,22	1			
Llenura	0,48	0,21	-0,13	0,51	1		
Blandura	0,78	0,15	-0,1	0,47	0,52	1	
Redondez	0,67	-0,07	-0,29	0,28	0,43	0,59	1

\*\* : La correlación es altamente significativa de acuerdo a Pearson  $P < 0,01$ .

La correlación que se aprecia entre los diferentes niveles de producto acomplejante y el porcentaje de elongación es altamente significativa con una relación negativa de  $r = -0,70^{**}$ , que indica que conforme aumenta el nivel de producto acomplejante en el curtido de los cueros caprinos con sulfato de aluminio el porcentaje de elongación tiende a mejorar significativamente ( $P < 0,01$ ).

La correlación que se determinó entre el nivel de producto acomplejante y la lastimetría determina una asociación positiva altamente significativa, con un coeficiente de determinación de  $r = 0,40$ , que indica que la lastimetría aumenta a medida que se incrementa el nivel de producto acomplejante ( $P < 0,01$ ).

En lo que tiene que ver con la relación existente entre la calificación sensorial de llenura y los diferentes niveles de producto acomplejante, se debe enfatizar que se registró una correlación positiva alta  $r = 0,48$ , que indica que ante el incremento del nivel de producto acomplejante en el curtido de los cueros caprinos con sulfato de aluminio la llenura se mejora significativamente con una probabilidad del 0,01.

El grado de asociación existente entre la blandura y el nivel de producto acomplejante equivale a establecer una correlación positiva alta ( $r = 0,78$ ), que nos permite estimar que conforme se incrementa el nivel de producto acomplejante en el curtido de los cueros caprinos con sulfato de aluminio, la blandura tiende a optimarse significativamente ( $P < 0,01$ ).

Finalmente la correlación que existe entre la calificación sensorial de redondez y el nivel de producto acomplejante aplicado al baño de curtido al aluminio de las pieles caprinas registra una asociación positiva alta ( $r = 0,67$ ) que indica que a medida que se incrementa el nivel de producto acomplejante en el curtido de los cueros caprinos la calificación de redondez se incrementa significativamente ( $P < 0,01$ ).

#### **D. EVALUACIÓN ECONÓMICA**

Al realizar la curtición de pieles caprinas utilizando diferentes niveles de producto acomplejante adicionado al baño de curtido con sulfato de aluminio (1,5; 1,75, y

2%), se aprecia que los egresos ocasionados por la compra de pieles, productos químicos, alquiler de maquinaria y confección de artículos los resultados fueron de 128,14 dólares americanos para el tratamiento T1 (1,5%), 120,65 dólares para los cueros del tratamiento T2 (1,75%), y finalmente 126,14 dólares para los cueros del tratamiento T3 (2%), como se reporta en el cuadro 10.

Cuadro 10. EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA PRODUCCIÓN DE CUERO.

CONCEPTO	NIVELES DE PRODUCTO ACOMPLEJANTE		
	1,5%	1,75%	2%
	T1	T2	T3
Compra de pieles caprinas	8	8	8
Costo por piel caprina	2	2	2
Valor de pieles caprinas	16	16	16
Productos para el remojo	12,95	12,95	12,95
Productos para descarnado y curtido	14,75	15,26	16,75
Productos para engrase	18,50	18,50	18,50
Productos para acabado	15,28	15,28	15,28
Alquiler de Maquinaria	26,66	26,66	26,66
Confección de artículos	24	16	20
<b>TOTAL DE EGRESOS</b>	<b>128,14</b>	<b>120,65</b>	<b>126,14</b>
<b>INGRESOS</b>			
Total de cuero producido	41,2	38,4	42
Costo cuero producido pie <sup>2</sup> (2,25)	2,53	2,73	2,53
Cuero utilizado en confección	7	7	7
Excedente de cuero	34,2	31,4	35
Venta de excedente de cuero	92,7	86,4	94,5
Venta de artículos confeccionados	60,00	65,00	75,00
<b>TOTAL DE INGRESOS</b>	<b>152,70</b>	<b>151,40</b>	<b>169,50</b>
<b>RELACIÓN BENEFICIO COSTO</b>	<b>1,19</b>	<b>1,25</b>	<b>1,34</b>

Una vez terminados los cueros se procedió a la confección de artículos de calzado específicamente dos pares de zapatos para cada uno de los tratamientos y la venta del excedente de cuero totalizando como ingresos las cantidades de \$152,70 para el tratamiento T1; \$151,40 para el tratamiento T2 y \$169,50 para el tratamiento T3. Una vez cotejados ingresos versus egresos se obtuvo la relación beneficio costo que fue la más alta en el lote de cueros curtidos con 2% de producto acomplejante añadido al baño de curtido al aluminio con un valor nominal de 1,34 es decir que por cada dólar invertido se espera una utilidad neta de 34 centavos o lo que es lo mismo decir el 34% de rentabilidad ; a continuación se aprecia un valor de 1,25 que corresponde a los cueros curtidos con el 1,75% de producto acomplejante y que significa que por cada dólar invertido se espera una ganancia de 25 centavos, mientras tanto que la relación beneficio costo más bajo se aprecia al curtir los cueros con 1,25% de producto acomplejante (T1), con un valor de 1,19, o lo que es lo mismo decir que por cada dólar invertido se espera una ganancia de 19 centavos.

Analizando cada una de las ganancias que fluctúan entre el 19% al 34% se aprecia que económicamente son muy rentables ya que se habla de márgenes de utilidad mucho más altos que los generados por la banca comercial que en el mejor de los casos y hablando de plazo fijo está bordeando los 14% anual, mientras que la utilidad mencionada puede ser alcanzada cada 4 meses que dura el proceso productivo.

## V. CONCLUSIONES

- Una vez realizado el proceso de curtido con sulfato de aluminio, se determinó que el nivel más adecuado es 2% de producto acomplejante, ya que la calidad del cuero se mejora significativamente, la cual se refleja en el artículo confeccionado que presente buena resistencia al rasgado y belleza visual insuperable.
- La evaluación de las resistencias físicas que fueron realizadas en los equipos de la facultad de Ciencias Pecuarias determinaron la mejor resistencia a la tensión utilizar el 1,50% de producto acomplejante el mayor porcentaje de elongación con 1,25% y finalmente la mejor lastometría al aplicar 2% con resultados de 9,61 mm, sin embargo en un análisis general en todos los cueros se cumplen con las normativas internacionales IUP 6 y 8 (2002), de la Asociación Española del Cuero.
- En lo que respecta a la evaluación sensorial se aprecia que los mejores resultados son alcanzados al utilizar el 2% de producto acomplejante ya que se obtiene las calificaciones más altas de llenura (4,75 puntos), blandura (4,88 puntos), y redondez (4,3 puntos), con calificación de excelente en cada una de ellas de acuerdo a la escala de calificación de Hidalgo, L. (2016).
- La mayor relación beneficio costo fue alcanzada en el lote de cueros del tratamiento T3 (2% de producto acomplejante), con un valor nominal de 11,34; es decir que por cada dólar invertido se espera una rentabilidad del 34% y que resulta interesante sobre todo tomando en consideración la situación actual tan inestable de nuestro país en que la mayor parte de las empresas han emigrado a otros países por que las ganancias de sus procesos productivos no son las esperadas.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Una vez formuladas las conclusiones se llega a las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda producir cueros utilizando 2% de producto acomplejante (T3), que será añadido al baño de curtido con sulfato de aluminio para reforzar el proceso de curtición y mejorar la calidad del cuero, sin provocar mayor contaminación al evitar el uso del cromo trivalente, que es un material que fácilmente se transforma en cromo hexavalente que tiene efectos cancerígenos.
- Es recomendable utilizar mayores niveles de producto acomplejante ya que la lastometría que es muy importante en la confección de calzado se eleva evitando así el desgarramiento y envejecimiento prematuro del artículo tanto en el momento de la confección como en el uso diario.
- La apreciación visual y táctil del cuero es muy importante para determinar su aceptación por el artesano y consumidor por lo tanto es recomendable utilizar 2% de producto acomplejante debido a que presente las calificaciones más altas en el análisis sensorial.
- Para obtener mayores ganancias en el negocio de la producción de cuero es aconsejable utilizar 2% de producto acomplejante que fue la que mayor relación beneficio costo alcanzó y fue del 34%, y de esa manera conseguir dos propósitos fundamentales la mejor ganancia y el cuidado del medio ambiente.

## VII. LITERATURA CITADA

1. ADZET J. 2005. Química Técnica de Tenerife. España. 1a ed. Igualada, España. Edit. Romanya-Valls. pp. 105,199 – 215.
2. AGRAZ, G. 2016. Clasificación de los productos para el desencalado de las pieles caprinas. Disponible en: <http://www.cueronet.curticiondepielesdeconejo.com>.
3. ALTAMIRANO, A. 2006. La importancia del cuy: un estudio preliminar. Edit. 1a ed. Lima, Perú. Edit. UNMSM, pp. 8, 15, 26-32.
4. ALVES, J. 2016.. Técnicas más usadas para los proceso de ribera de las pieles caprinas. Disponible en: <http://www.cueronet.curticiondepielesaluminio.com>.
5. ÁNGULO, A. 2007. Guía Empresarial del Medio Ambiente, Comisión Relocalización y Reconversión de la Pequeña y Mediana Empresa. 1a ed. Barcelona, España. sl. pp 30 – 43.
6. ARTIGAS, M. 2007. Manual de Curtiembre. Avances en la curtición de pieles. 2a ed. Barcelona-España. Edit. Latinoamericana. pp 36 – 39.
7. ARMENDARIZ, A. 2016. Procesos de remojo de las pieles caprinas. Disponible en: <http://www.colvet.es/infovet/dic01/cienciasv/articulo>.
8. ATEHORTUA, S. 2007. Situación y perspectivas de la producción de cuyes. 2a ed. Nariño, Colombia. Edit. IICA, OEA. pp 45 63.
9. BACARDIT, A. 2004. Química Técnica del Cuero. 2a ed. Cataluña, España. Edit. COUSO. pp. 12-52-69.

10. BARTLETT, R. 2016. La curtición con sulfato de aluminio y productos acomplexantes. Disponible en: web <http://www.vet-uy.com>. 2016.
11. BOUCHARD, J. 2016. La clasificación en las pieles por su estado de conservación. Disponible en: <http://www.colvet.es/infovet/dic01/cienciasv/articulo>.
12. CASA COMERCIAL BAYER. 2007. Curtir, Teñir, Acabar. 2a ed. Munich Alemania. Edit. BAYER. pp 11 45, 53, 110.
13. ECUADOR, ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO (ESPOCH). 2011. Estación Meteorológica, Facultad de Recursos Naturales. Riobamba, Ecuador.
14. ESPAÑA. ASOCIACIÓN ESPAÑOLA EN LA INDUSTRIA DEL CUERO. 2002. Norma técnica IUP 6 IUP 8. Resistencia la tensión y porcentaje de elongación de los cueros.
15. FRANKEL, A. 2004. Manual de Tecnología del Cuero. 2a ed. Buenos Aires, Argentina. Edit. Albatros. pp. 112 -148.
16. GARCÍA, J. 2006. Producción ovina. 1a ed. Santiago de Chile, Chile Edit. Universidad de Chile. pp 30 – 36.
17. GRATACOS E. 2006. Tecnología Química del Cuero. 2002. 1a ed. Barcelona, España. Edit EIIT. pp 12 - 25.
18. GROZZA, G. 2007. Curtición de Cueros y Pieles Manual práctico del curtidor. Gius. 1a ed. Barcelona, España. .Edit Sintes. S.A. pp 42 – 52.
19. HIDALGO, L. 2004. Texto básico de Curtición de pieles. 1a ed. Riobamba, Ecuador. Edit. ESPOCH. pp. 10 – 56.

20. HIDALGO, L. 2016. Escala de calificaciones de las pieles caprinas curtidas al aluminio con la inclusión de diferentes niveles de acomplejante. Riobamba, Ecuador. Laboratorio de Curtiembre de pieles.
21. JURAN, J. 2003. Los ligantes y su utilización. s.n. Barcelona, España. Edit. ALBATROS. pp. 56-96.
22. LACERCA, M. 2003. Curtición de Cueros y Pieles. 1a ed. Buenos Aires, Argentina. Edlt. Albatros. pp 1, 5, 6, 8, 9,10.
23. LEACH, M 2005. Utilización de Pieles de Conejo. Curso llevado a cabo por el Instituto de desarrollo y recursos de Inglaterra, en colaboración con la Facultad de Zootecnia en la Universidad Autónoma de Chihuahua. 1a ed. Edit. UACH. pp 12 – 25, 25 – 42.
24. LIBREROS, J. 2003. Manual de Tecnología del cuero. 1. a ed. Igualada, España. Edit. EUETII. pp. 13 – 24, 56, 72.
25. MORERA, J. 2007. Química Técnica de Curtición. 2ª Edición. Igualada, España. Editorial Escuela Superior de Adobería. Editorial CETI. pp. 16-18.
26. NEBREDA, A. 2010. Aspecto general de la contaminación por residuos ganaderos y posibles soluciones, en la recuperación de recursos de los residuos. Soria, España. Edit. Caja Rural de Soria, pp 301-324.
27. PONTI, B. 2008. “Tecnologías ambientales en el rubro curtiembre en Chile”. Para el Proyecto FDI/CORFO/INTEC-CHILE-IP/GTZ.
28. PORTAVELLA, M. 2005. Tenería y medioambiente, aguas residuales. Vol 4. Barcelona, España. Edit CICERO. pp .91,234,263.

29. RIVERO, A. 2001. Manual de Defectos en Cuero. 1a ed. Igualada, España. Edit. CIATEG A.C. pp 23 – 29.
30. SALDARRIAGA, L. 2016. Componentes celulares de la dermis. Disponible en: <http://www.ulceras.net/monográficos/laPiel.htm>.2016.
31. SALDARRIAGA, L. 2016. Estructura funcional de las pieles de cabra. Disponible en: <http://www.cuyovero.com>.2015.
32. SIMONELLI, A. 2016. Productos acomplejantes para el curtido de los cueros caprinos. Disponible en: <http://www.ulceras.net>.
33. SCHORLENMER, P. 2002. Resistencia al frote del acabado del cuero. 2a ed. Asunción, Paraguay. Edit. Limusa. pp. 19 ,26,45,52,54, 56.
34. SOLER, J. 2008. Procesos de Curtido. 1a ed. Barcelona, España. Edit CETI. pp. 12, 45, 97,98.
35. STTOFÉL A. 2003. XV Simposio técnico de la industria del cuero. 5a ed. Baños, Ecuador. Edit. ANCE. pp 23-51.
36. VULLIERMET, B. 2016. El curtido de las pieles caprinas con sulfato de aluminio. Disponible en: <http://www.guiacuy.com>.2015.
37. WENZEL, W. 2016. Pieles ecológicas, protección para el medio ambiente. Disponible en: <http://www.ulceras.net/laPiel.ht>.
38. ZAPATA, M. 2016. La curtición de las pieles de cabra. Disponible en: <http://www.ulceras.net/monográficos/laPiel.htm>.2015.

# **ANEXOS**

Anexo 1. Resistencia a la tensión de las pieles caprinas curtidas con diferentes niveles de producto acompletejante aplicado al baño de curtido con sulfato de aluminio.

A. Análisis de los datos

REPETICIONES							
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1550,00	1457,89	1435,00	1605,56	1661,11	3953,85	4057,14	3840,00
2673,68	285,56	3152,94	2811,11	3300,00	3225,00	2855,56	2670,00
2146,15	1864,29	1842,86	1969,23	1938,46	2944,44	3188,89	2650,00

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
Total	23	19955885,6	867647,20				
Tratamiento	2	372196,72	186098,36	0,199	3,46	5,78	0,82
Error	21	19583688,9	932556,61				

C. Separación de medias según los niveles

Niveles de acompletejante	Media	Grupo
1,50%	2445,07	a
1,75%	2621,73	a
2%	2318,04	a

Anexo 2. Porcentaje de elongación de las pieles caprinas curtidas con diferentes niveles de producto acomplejante aplicado al baño de curtido con sulfato de aluminio.

A. Análisis de los datos

REPETICIONES							
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
87,50	80,00	82,50	87,50	67,50	87,50	80,00	90,00
55,00	55,00	65,00	67,50	77,50	45,00	52,50	55,00
72,50	77,50	80,00	80,00	65,00	82,50	102,50	82,50

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	4635,156	201,52					
Tratamiento	2	2725	1362,5	14,979	3,466	5,780	9E-5	**
Error	21	1910,156	90,95					

C. Separación de medias según los niveles

Niveles de acomplejante	Media	Grupo
1,50%	82,81	a
1,75%	59,06	b
2%	80,31	a

D. Análisis de la regresión

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	2	2725	1362,5	14,979	9,07E-05
Residuos	21	1910,16	90,96		
Total	23	4635,16			

Anexo 3. Lastometría de las pieles caprinas curtidas con diferentes niveles de producto acompletejante aplicado al baño de curtido con sulfato de aluminio.

A. Análisis de los datos

REPETICIONES							
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
9,72	8,22	8,89	8,70	9,48	8,76	9,01	9,86
8,52	8,81	8,90	9,70	8,32	9,50	8,50	9,30
9,18	9,72	9,81	10,20	9,68	9,10	9,81	9,37

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	6,92	0,30					
Tratamiento	2	1,97	0,99	4,19	3,47	5,78	0,03	*
Error	21	4,95	0,24					

C. Separación de medias según los niveles

Niveles de acompletejante	Media	Grupo
1,50%	9,08	c
1,75%	8,94	b
2%	9,61	a

D. Análisis de la regresión

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	1,118	1,118	4,24	0,052
Residuos	22	5,8027	0,264		
Total	23	6,921			

Anexo 4. Llenura de las pieles caprinas curtidas con diferentes niveles de producto  
acomplejante aplicado al baño de curtido con sulfato de aluminio.

A. Análisis de los datos

REPETICIONES							
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
3,00	4,00	3,00	4,00	5,00	4,00	4,00	5,00
4,00	4,00	5,00	4,00	4,00	5,00	4,00	5,00
4,00	5,00	5,00	5,00	5,00	4,00	5,00	5,00

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	9,625	0,418478					
Tratamiento	2	2,25	1,125	3,20	3,46	5,78	0,061	ns
Error	21	7,375	0,351190					

C. Separación de medias según los niveles

Niveles de acomplejante	Media	Grupo
1,50%	4,00	b
1,75%	4,38	c
2%	4,75	a

Anexo 5. Blandura de las pieles caprinas curtidas con diferentes niveles de producto acompletejante aplicado al baño de curtido con sulfato de aluminio.

A. Análisis de los datos

REPETICIONES							
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
3,00	3,00	4,00	3,00	4,00	4,00	3,00	4,00
4,00	4,00	5,00	5,00	4,00	5,00	4,00	4,00
5,00	5,00	5,00	5,00	4,00	5,00	5,00	5,00

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	12,50	0,54					
Tratamiento	2	7,75	3,88	17,13	3,47	5,78	0,00004	**
Error	21	4,75	0,23					

C. Separación de medias según los niveles

Niveles de acompletejante	Media	Grupo
1,50%	3,50	b
1,75%	4,38	a
2%	4,88	a

D. Análisis de la regresión

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	2	7,75	3,875	17,131	3,87E-05
Residuos	21	4,75	0,226		
Total	23	12,5			

Anexo 6. Redondez de las pieles caprinas curtidas con diferentes niveles de producto acomplejante aplicado al baño de curtido con sulfato de aluminio.

A. Análisis de los datos

REPETICIONES							
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
3,00	3,00	4,00	4,00	3,00	4,00	3,00	4,00
4,00	5,00	4,00	4,00	4,00	5,00	4,00	5,00
4,00	4,00	5,00	5,00	5,00	5,00	4,00	5,00

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	11,3333	0,4928					
Tratamiento	2	5,5833	2,7917	10,1957	3,4668	5,7804	0,0008	**
Error	21	5,7500	0,2738					

C. Separación de medias según los niveles

Niveles de acomplejante	Media	Grupo
1,50%	3,50	b
1,75%	4,38	a
2%	4,63	a

D. Análisis de la regresión

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	2	5,58	2,7917	10,195	0,00080493
Residuos	21	5,75	0,2738		
Total	23	11,33			

Anexo 7. Remojo y pelambre por embadurnado de las pieles caprinas curtidas con sulfato de aluminio más diferentes niveles de producto acomplejante.

Proceso	Operación	Producto	%	Cantidad	Tº	Tiempo
25kg						
REMOJO	BAÑO	Agua	200	50 Lt	Ambien	3 horas
		Tenso activo	1	250 gr		
		cloro	1	250gr		
	Botar Baño					
PELAMBRE POR EMBADURNADO		Agua	5	1250 gr.	35	12 horas
		Cal	3	750 gr.		
		Sulfuro de Sodio	2,5	625 gr.		
		Yeso	1	250 gr.		
	RETIRAR EL PELO O					
LANA						

Anexo 8. Pelambre en bombo y desencalado de las pieles caprinas curtidas con sulfato de aluminio más diferentes niveles de producto acomplejante.

Proceso	Operación	Producto	%	Cantidad	T°	Tiempo
Peso: 22						
Pelambre en bombo	BAÑO	Agua	100	25 Lt		10 ''
		Sulfuro de Sodio	0,4	88 gr		10''
		Sulfuro de Sodio	0,4	88 gr	Amb.	10''
		Agua	50	11 lt		
		Sal	0,5	110.5 gr		10 ''
		Sulfuro de Sodio	0,5	1105 gr		30''
		Cal	1	220 gr		30''
		Cal	1	220 gr		30''
		Cal	1	220 gr		3 horas
	Reposar el bombo por 20 horas					
Reposar 55 min y girar 5 min						
Botar el baño						
		Agua	200	44 kg		20 minutos
Botar el baño						
Desencalado	Baño	Agua	100	22 lt	25	60 minutos
		Bisulfito de Sodio	1	220 gr		
		Formiato de sodio	1	220 gr		60 minutos

Anexo 9. Rendido, purga y desengrase de las pieles caprinas curtidas con sulfato de aluminio más diferentes niveles de producto acomplejante.

RENDIDO Y PURGADO		Agua	100	22 lt	35	
		Ríndete/Purga	0,5	110 gr		40 min
	Botar el baño					
Primer Piquelado	Baño	Agua	200	44 lt		20 min
	Botar el Baño					
		Agua	100	22 lt		
		Sal	5	1100 gr	Ambiente	10 min
		Á. fórmico 1:10	1,4	3080 gr		
		1ra parte		1026.6 gr		20 min
		2da parte		1026.6 gr		20 min
		3ra parte		1026.6 gr		60 min
		Á. fórmico 1:10	0,4	880 gr	Ambiente	
		1ra parte		293.3 gr		20 min
		2da parte		293.3 gr		20 min
		3ra parte		293.3 gr		20 min
	Botar el Baño					
DESENGRASE	Baño	Agua	100	22 lt		
		Tenso activo	2	440 gr	50	60 min
		Diesel	4	880 gr		
	Botar el Baño					
	Baño	Agua	100	22 lt		
Tenso activo		2	440 gr	35	30 min	
Botar el Baño						

Anexo 10. Segundo piquelado y curtido de las pieles caprinas curtidas con sulfato de aluminio más diferentes niveles de producto acomplejante.

2do Piquelado	Baño	Agua	100	22 lt			
		Sal	6	1320 gr			
		A. Fórmico 1:10	1,4	3080 gr			
		1 era parte		1026,6 gr		20 min	
		2 da parte		1026.6 gr		20 min	
		3 era parte		1026,6 gr	Amb.	60 min	
		A. Fórmico 1:10	0,4	880 gr			
		1 era parte		293,3 gr		20 min	
		2 da parte		293,3 gr		20 min	
		3 era parte		293,3 gr		90 min	
		producto acomplejante	1,5	330 gr			
Curtido		Sulfato de Al	6	1320 gr		60 min	
		Basificante	0,5	110 gr		60 min	
		A. fórmico 1:10	0,5	1100 gr			
		1ra parte		550 gr		15 min	
		2da parte		550 gr		30 min	
		Botar baño					
		Agua	100	22 lt	Amb.	30 min	
Botar el Baño							
Cuero Wet wite							
Apilar perchar y raspar							

Anexo 11. Estadísticas en el programa infostat de las resistencias físicas del cuero caprino.

Análisis de la varianza					
tension					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
tension	24	0,02	0	39,23	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	372192,88	2	186096,44	0,2	0,8206
Niveles de P. Acomplejante..	372192,88	2	186096,44	0,2	0,8206
Error	19582997,1	21	932523,67		
Total	19955189,9	23			
Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1217,02288 Error: 932523,6694 gl: 21					
niveles de P. Acomplejante..		Medias	n	E.E.	
	2	2318,05	8	341,42	A
	1,5	2445,06	8	341,42	A
	1,75	2621,74	8	341,42	A
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)					
Porcentaje de elongación					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
elongacion	24	0,59	0,55	12,88	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2725	2	1362,5	14,98	0,0001
niveles de P. Acomplejante..	2725	2	1362,5	14,98	0,0001
Error	1910,16	21	90,96		
Total	4635,16	23			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=12,01970					
Error: 90,9598 gl: 21					
niveles de P.					
Acomplejante..	Medias	n	E.E.		
1,75	59,06	8	3,37	A	
2	80,31	8	3,37	B	
1,5	82,81	8	3,37	B	
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )					
lastometia					
Variable					
N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV		
lastometia	24	0,29	0,22	5,27	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1,97	2	0,99	4,19	0,0294
niveles de P.					
Acomplejante..	1,97	2	0,99	4,19	0,0294
Error	4,95	21	0,24		
Total	6,92	23			
Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,61167					
Error: 0,2356 gl: 21					
Niveles de P.					
Acomplejante..	Medias	n	E.E.		
1,75	8,94	8	0,17	A	
1,5	9,08	8	0,17	A	B
2	9,61	8	0,17		B
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )					

Anexo 12. Estadísticas en el programa infostat de las calificaciones sensoriales del cuero caprino.

Llenura					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
Llenura	24	0,23	0,16	13,55	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2,25	2	1,13	3,2	0,0611
niveles de P. Acomplejante..	2,25	2	1,13	3,2	0,0611
Error	7,38	21	0,35		
Total	9,63	23			
Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,74686					
Error: 0,3512 gl: 21					
Niveles de P. Acomplejante..	Medias	n	E.E.		
1,5	4	8	0,21	A	
1,75	4,38	8	0,21	A	B
2	4,75	8	0,21		B
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )					
Blandura					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
Blandura	24	0,62	0,58	11,19	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	7,75	2	3,88	17,13	<0,0001
Niveles de P. Acomplejante.	7,75	2	3,88	17,13	<0,0001
Error	4,75	21	0,23		
Total	12,5	23			
Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,59939 Error: 0,2262 gl: 21					
Niveles de P. Acomplejante.	Medias	n	E.E.		
1,5	3,5	8	0,17	A	

1,75	4,38	8	0,17	B	
2	4,88	8	0,17	B	
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )					
Redondez					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
Redondez	24	0,49	0,44	12,56	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	5,58	2	2,79	10,2	0,0008
Niveles de P. Acomplejante..	5,58	2	2,79	10,2	0,0008
Error	5,75	21	0,27		
Total	11,33	23			
Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,65947					
Error: 0,2738 gl: 21					
Niveles de P. Acomplejante..	Medias	n	E.E.		
1,5	3,5	8	0,19	A	
1,75	4,38	8	0,19		B
2	4,63	8	0,19		B
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )					