



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA ZOOTÉCNICA

"CURTICIÓN DE PIELES CAPRINAS (*Capra hircus*), CON DIFERENTES NIVELES DE OXAZOLIDINA, EN COMBINACIÓN CON SULFATO DE ALUMINIO PARA LA ELABORACIÓN DE CALZADO DE DAMA"

TRABAJO DE TITULACIÓN

TIPO: TRABAJO EXPERIMENTAL

Presentado para optar por el grado académico de:

INGENIERO ZOOTECNISTA

AUTORA: MARÍA ALEJANDRA GALARZA CHAMBA

DIRECTOR: ING. LUIS EDUARDO HIDALGO ALMEIDA. Ph.D

Riobamba – Ecuador

2019

DERECHOS DE AUTOR

© 2019 María Alejandra Galarza Chamba

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

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA ZOOTÉCNICA

El tribunal del trabajo de titulación certifica que: el trabajo de investigación: tipo experimental "**CURTICIÓN DE PIELES CAPRINAS (*Capra hircus*), CON DIFERENTES NIVELES DE OXAZOLIDINA, EN COMBINACIÓN CON SULFATO DE ALUMINIO PARA LA ELABORACIÓN DE CALZADO DE DAMA**" de responsabilidad de la señorita egresada **María Alejandra Galarza Chamba**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, quedando autorizada su presentación.

FIRMA

FECHA

Ing. Fredy Patricio Erazo Rodríguez MsC.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Luis Eduardo Hidalgo Almeida PhD.

DIRECTOR DEL TRABAJO

DE TITULACIÓN

Ing. Tatiana Elizabeth Sánchez Herrera MsC.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

COMPARTIR DERECHOS

Yo, **María Alejandra Galarza Chamba**, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de titulación y el patrimonio intelectual del Trabajo de titulación pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico a mis padres por ser un pilar fundamental e incondicional de este sueño alcanzado, en especial a mi madre, amiga y confidente por estar conmigo en los momentos más felices al igual que en los momentos más duros que enfrenté durante la trayectoria estudiantil.

De igual manera a mi pareja y a mi quería y amada hija de cuatro patitas MILA, que han permanecido durante toda esta etapa universitaria conmigo, sacándome una sonrisa a diario con todas sus locuras.

A los docentes por todos los conocimientos transmitidos y consejos que a lo largo de la carrera sirvieron para alcanzar esta meta.

María Alejandra Galarza Ch.

AGRADECIMIENTO

Agradezco en especial a Dios por la oportunidad de vida que me concedió, por la salud y la sabiduría que ha puesto en mí para no desistir en pensamiento y acciones.

A toda mi familia que de una u otra manera mantuvieron un apoyo incondicional hacia mi persona sin dejar en tela de duda a mis capacidades, misma que permitieron cumplir esta meta.

Confianto siempre en Dios:

María Alejandra Galarza Ch.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	xv
SUMMARY.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	3
1.1. La piel	3
1.2. Piel caprina	3
1.2.1. Características de la piel caprina	6
1.2.2. Defectos de la piel caprina	7
1.2.3. Procesos para el curtido de pieles caprinas	8
1.2.3.1. Remojo.....	10
1.2.3.2. Descarnado.....	10
1.2.3.3. Desencalado	11
1.2.3.4. Desengrase	11
1.2.3.5. Piquelado.....	12
1.2.4. Finalidad de la piel curtida.....	12
1.3. Curtición con oxazolidina.....	13
1.4. Acción curtiente de la Oxazolidina.....	15
1.5. Curtición con sulfato de aluminio	16
1.6. Exigencias del cuero para calzado.....	17

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO.....	18
2.1. Localización y duración del experimento	18
2.2. Unidades experimentales.....	19

2.3.	Materiales, equipos e instalaciones.....	19
2.3.1.	<i>Materiales</i>	19
2.3.2.	<i>Equipos</i>	20
2.3.3.	<i>Reactivos</i>	21
2.4.	Tratamiento y diseño experimental.....	22
2.4.1.	<i>Esquema del experimento</i>	23
2.5.	Mediciones experimentales	24
2.5.1.	<i>Físicas</i>	24
2.5.2.	<i>Sensoriales</i>	24
2.5.3.	<i>Económicos</i>	24
2.6.	Técnicas estadísticas	24
2.7.	Procedimiento experimental	25
2.7.1.	<i>Recepción de pieles.....</i>	25
2.7.2.	<i>Pesaje de las pieles</i>	25
2.7.3.	<i>Remojo</i>	25
2.7.4.	<i>Pelambre por embadurnado.....</i>	26
2.7.5.	<i>Pelambre en bombo</i>	26
2.7.6.	<i>Descarnado y desencalado</i>	26
2.7.7.	<i>Piquelado</i>	27
2.7.8.	<i>Desengrase.....</i>	27
2.7.9.	<i>Curtición.....</i>	28
2.7.10.	<i>Perchado y rebajado.....</i>	28
2.7.11.	<i>Remojo y recurtido catiónico.....</i>	28
2.7.12.	<i>Neutralizado.....</i>	28
2.7.13.	<i>Recurtido, teñido y engrase</i>	29
2.7.14.	<i>Aserrinado, ablandado y estacado</i>	29
2.7.15.	<i>Pintado</i>	30
2.7.16.	<i>Prensado</i>	30
2.7.17.	<i>Lacado final</i>	30
2.8.	Metodología de evaluación	30
2.8.1.	<i>Análisis sensorial.....</i>	30
2.8.2.	<i>Análisis de las resistencias físicas.....</i>	31
2.8.2.1.	<i>Resistencia a la tensión.....</i>	31
2.8.2.2.	<i>Porcentaje de elongación</i>	34
2.8.2.3.	<i>Lastometría (mm).....</i>	34
2.8.3.	<i>Análisis económico</i>	36

CAPÍTULO III

3.	MARCO DE RESULTADOS, DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	37
3.1.	Evaluación de las resistencias físicas de las pieles caprinas curtidas con diferentes niveles de oxazolidina en combinación con sulfato de aluminio para la elaboración de calzado....	37
3.1.1.	<i>Resistencia a la tensión</i>	37
3.1.2.	<i>Porcentaje de elongación</i>	40
3.1.3.	<i>Lastometría</i>.....	42
3.2.	Evaluación de las calificaciones sensoriales de las pieles caprinas curtidas con diferentes niveles de oxazolidina en combinación con 4 % de sulfato de aluminio para la elaboración de calzado	45
3.2.1.	<i>Llenura</i>	45
3.2.2.	<i>Blandura</i>.....	48
3.2.3.	<i>Redondez</i>.....	50
3.3.	Análisis de correlación entre variables de las pieles caprinas curtidas con diferentes niveles de oxazolidina en combinación con sulfato de aluminio para la elaboración de calzado.....	52
3.4.	Evaluación económica de las pieles caprinas curtidas con diferentes niveles de oxazolidina en combinación con sulfato de aluminio para la elaboración de calzado	54
	CONCLUSIONES.....	56
	RECOMENDACIONES.....	57
	BIBLIOGRAFÍA.....	58
	ANEXOS	63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Clasificación de las categorías caprinas de acuerdo a la edad del animal.	5
Tabla 2-1:	Requisitos básicos para el cuero de calzado	18
Tabla 3-1:	Condiciones meteorológicas del cantón Riobamba	19
Tabla 4-2:	Esquema del experimento.....	23
Tabla 5-2:	Esquema de ADEVA.....	23
Tabla 6-3:	Evaluación de las resistencias físicas de las pieles caprinas curtidas con diferentes niveles de oxazolidina en combinación con 4 % de sulfato de aluminio para la elaboración de calzado.	37
Tabla 7-3:	Evaluación de las resistencias físicas de las pieles caprinas curtidas con diferentes niveles de oxazolidina en combinación con sulfato de aluminio para la elaboración de calzado.....	45
Tabla 8-3:	Evaluación económica.....	55

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-1: Esquema del proceso de curtido.	9
Gráfico 2-1: Tipos de oxazolidinas empleadas como curtientes.	15
Gráfico 3-1: Reticulación del colágeno por la acción de la Oxazolidina.	16
Gráfico 4-3: Regresión de la resistencia a la tensión de las pieles caprinas curtidas con diferentes niveles de oxazolidina en combinación con sulfato de aluminio para la elaboración de calzado.	39
Gráfico 5-3: Regresión de las pieles caprinas del porcentaje de elongación de las pieles caprinas curtidas con diferentes niveles de oxazolidina en combinación con sulfato de aluminio para la elaboración de calzado.	42
Gráfico 6-3: Lastometría de las pieles caprinas curtidas con diferentes niveles de oxazolidina en combinación con sulfato de aluminio para la elaboración de calzado.	43
Gráfico 7-3: Regresión de la llenura de las pieles caprinas curtidas con diferentes niveles de oxazolidina en combinación con sulfato de aluminio para la elaboración de calzado.	47
Gráfico 8-3: Regresión de la blandura de las pieles caprinas curtidas con diferentes niveles de oxazolidina en combinación con sulfato de aluminio para la elaboración de calzado.	49
Gráfico 9-3: Regresión de la llenura de las pieles caprinas curtidas con diferentes niveles de oxazolidina en combinación con sulfato de aluminio para la elaboración de calzado.	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2:	Equipo para la medición de la resistencia a la tensión.....	33
Figura 2-2:	Máquina para el test de lastometría.....	36

ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo A.** Procesos de ribera de las pieles caprinas.
- Anexo B.** Descarnado, desencalado y piquelado I de los cueros caprinos.
- Anexo C.** Proceso de desengrase 2do piquelado y curtido de las pieles caprinas.
- Anexo D.** Receta de acabado en humedo para pieles caprinas.
- Anexo E.** Estadísticas de la resistencia a la tensión de las pieles caprinas curtidas con diferentes niveles de oxazolidina en combinación con sulfato de aluminio.
- Anexo F.** Estadísticas del porcentaje de elongación de las pieles caprinas curtidas con diferentes niveles de oxazolidina en combinación con sulfato de aluminio.
- Anexo G.** Estadísticas de la lastometría de las pieles caprinas curtidas con diferentes niveles de oxazolidina en combinación con sulfato de aluminio.
- Anexo H.** Estadísticas de la llenura de las pieles caprinas curtidas con diferentes niveles de oxazolidina en combinación con sulfato de aluminio.
- Anexo I.** Estadísticas de la blandura de las pieles caprinas curtidas con diferentes niveles de oxazolidina en combinación con sulfato de aluminio.
- Anexo J.** Estadísticas de la redondez de las pieles caprinas curtidas con diferentes niveles de oxazolidina en combinación con sulfato de aluminio.
- Anexo K.** Análisis de Kruskal Wallis.
- Anexo L.** Evidencia fotográfica del proceso de ribera, pelambre y pelambre en bombo de las pieles caprinas en el Laboratorio de Curtiembre de la FCP, de la ESPOCH.
- Anexo M.** Evidencia fotográfica del proceso de descarnado, desencalado, piquelado desengrase curtido y perchado.

Anexo N. Evidencia fotográfica del proceso de rebaje de los cueros a un calibre de 1 mmy acabado en húmedo.

Anexo O. Evidencia fotográfica del proceso de oreado, aserrinado y estacado de los cueros.

Anexo P. Evidencia fotográfica del proceso de las pruebas físicas de los cueros.

RESUMEN

Obtención de cuero para calzado de dama mediante una curtición mixta; orgánica e inorgánica. Se utilizaron 24 pieles caprinas (*Capra Hircus*) del ecotipo criollo, distribuidas en 3 tratamientos, 8 repeticiones y modeladas con diseño completamente al azar, realizado en el laboratorio de curtiembre de la Espoch, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo. Se utilizó la prueba de Kruskal Wallis para el análisis estadístico de comprobación de la resistencia a la tensión, elongación y lastimetría, las pruebas se realizaron en el Laboratorio de Curtiembre de la Facultad de Ciencias Pecuarias. Se realizó ensayos sensoriales de tacto, llenura, blandura y redondez, que fueron efectuadas por un juez. El tratamiento con oxazolidina al 7 %, registró mayor resistencia a la tensión (2274.75 N/cm²), mejor porcentaje de elongación (86.88 %), y mayor lastimetría fue determinada al curtir con 6 % de oxazolidina, (9.86 mm). La valoración de las calificaciones sensoriales determinó las puntuaciones más elevadas en el tratamiento con oxazolidina al 7 %, la llenura (4.38 puntos), blandura (4.75 puntos) y redondez (4.5 puntos), alcanzando, calificaciones de excelencia según la Asociación Española en la Industria del Cuero: Normas Técnicas del cuero y calzado 2a. ed. Barcelona, concluyo que estos dos tratamientos resultaron ser los más adecuados. Se apreció que la relación beneficio costo, fue mayor en el tratamiento con el 7 % de oxazolidina, que alcanzó un valor de 1,42 ctvs., es decir que por cada dólar invertido, hubo una utilidad de 42 centavos. Recomiendo utilizar dicho tratamiento puesto que se consigue cueros con elevadas prestaciones y con una belleza de grado insuperable que mejoran la aceptación por arte de los consumidores.

PALABRAS CLAVES

< CURTICIÓN ORGÁNICA > < CURTICIÓN INORGÁNICA > < CAPRINAS (*Capra Hircus*) > < OXAZOLIDINA > < SULFATO DE ALUMINIO > < RIOBAMBA (CANTÓN) > < FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS > < CARRERA DE ZOOTENIA >

SUMMARY

Obtaining leather for ladies' shoes through mixed tanning; organic and inorganic. Twenty-four goat skins (*Capra Hircus*) of the creole ecotype were used, distributed in 3 treatments, 8 repetitions and modeled with completely random design, made in the tannery laboratory of the ESPOCH, Riobamba Canton, Chimborazo Province. The Kruskal Wallis test was used for the statistical analysis of checking the tensile strength, elongation and lastometry, the tests were carried out in the Tannery Laboratory of the Faculty, carried out in the laboratory of Animal Sciences. Sensory tests of touch, fullness, softness and roundness were carried out, which were carried out by a judge. Treatment with oxazole idine at 7%, record greater resistance to tension (2274.75 N / cm²), better percentage of elongation (86.88%), and higher tonometry was determined by tanning with 6% oxazolidine, (9.86 mm). The evaluation of the sensory scores determined the highest scores in the treatment with oxazolidine at 7%, fullness (4.38 points), softness (4.75 points) and roundness. (4.5 points), reaching, qualifications of excellence according to the Spanish Association in the Leather Industry: Technical Standards of leather and shoes 2a. ed. Barcelona, I conclude that these two treatments turned out to be the most appropriate. It was appreciated that the cost benefit ratio was greater in the treatment with 7% oxazolidine, which reached a value of 1.42 ctvs., That is, for each dollar invested, there was a profit of 42 cents. I recommend using this treatment since you get high performance leather with a beauty of insuperable degree that improve the acceptance by art of consumers.

KEYWORDS:

<ORGANIC TANNING>, <INORGANIC TANNING>, <GOATS (CAPRA HIRCUS)>, <OXAZOLIDINE>, <ALUMINUM SULFATE>, <RIOBAMBA (CANTON)>, <FACULTY OF LIVESTOCK SCIENCES>, <ZOOTECHNICS CAREER>.

INTRODUCCIÓN

El curtido de las pieles es uno de los oficios más antiguos que realiza la humanidad debido a que el hombre siempre almacena lo que le pueda servir para satisfacer sus necesidades y las pieles no podían ser la excepción, debido a que en la antigüedad se cazaba los animales para obtener alimento y además obtener pieles que les servían para cubrir su cuerpo y soportar las bajas temperaturas, posesionándose como un eje fundamental en la supervivencia de la raza humana.

El cuero se convirtió en un material que se utilizó durante siglos para vestimenta y calzado con lo cual es una industria que se ha ido desarrollando con una importancia considerable y constituye un eje fundamental para el desarrollo de la economía, debido a que se tiene buenos réditos económicos por la producción y comercialización de cueros en el mercado mundial.

Hoy en día en nuestro país y el resto del mundo que todavía se dedican a este arte, la preparación de la piel para el curtido sigue basándose en la experiencia, tanto en los pequeños talleres que siguen trabajando artesanalmente como en las grandes fábricas, usando como agente de curtido universal el cromo que es conocido su alto poder contaminante.

La curtición se realiza gracias a varios procesos técnicos que se llevan a cabo para transformar la piel en un material flexible, resistente el cual es aprovechado para usos industriales, técnicos y humanos. De este proceso se derivan dos líneas de producción. La peletería, la misma que se caracteriza por la conservación del pelo con un acabado en doble faz, este proceso es más artesanal o semi-industrial ya que interviene la mano del hombre. Y la segunda es la de producción de cueros y se lleva a cabo con la ayuda de maquinaria y equipo industrial.

Esta piel así formada no puede conservarse durante un tiempo largo, pues sufre un proceso de putrefacción para evitarlo se la pone en contacto sus sustancias que, al ser absorbidas por las fibrillas de la dermis, se combinan con ellas, haciéndola insoluble e imputrescible. Esta operación se llama curtido y la piel así tratada recibe el nombre de cuero al que se le aplica un sinnúmero de procesos de acabado para obtener un material muy vistoso.

La producción de cueros sigue siendo hoy en día una de las producciones económicas rentables en los últimos años, se van sintetizando de acuerdo a los materiales utilizados para dar forma a los nuevos productos. Siendo este un producto nuevo con una nueva línea de producción en su proceso hemos visto la necesidad de procesar cuero de cabra, con oxazolidina y sulfato de aluminio, evaluando características para su procesamiento que darán como finalidad la utilización del cuero para elaboración de calzado de dama.

Es por eso que se ha visto la necesidad de formar un producto con dos materiales resistentes capaces de dar forma al cuero conservando la curtición de pieles, pero con un proceso determinante en su acabado. En la actualidad el problema que enfrenta la industria curtiembre es el uso excesivo de cromo que ha tenido un gran impacto ambiental en los últimos años.

Por lo cual buscar tecnologías que lo replacen es urgente debido a los procesos de contaminación que existe, por ello todas las industrias buscan dar un giro para dar una producción más limpia y así lograr disminuir los altos índices de contaminación, debido al uso excesivo de agua en todos los procesos de transformación de la piel, por medio de tecnologías se ha buscado la reutilización del agua en otros procesos, pero esto ha sido truncado debido al exceso de agentes químicos que existe en su composición, con ello una vía alternativa es el uso de otro tipo de agentes químicos en los diversos procesos, y el que más perjudicial resulta al ambiente es el cromo por lo que se busca alternativas de curtientes que lo reemplace e igualen sus características.

En la presente investigación se realizará una curtición mixta para transformar la piel caprina en un producto imputrescible como es el cuero para elaborar calzado de dama, utilizando como curtientes la *Oxazolidina*, en combinación con sulfato de aluminio, al ser dos productos que no alteran el equilibrio del ambiente se considera un proceso ecológico, ya que la *Oxazolidina* es un compuesto orgánico muy potente, teniendo como ventaja ser amigables con el ambiente. Además, el sulfato de Aluminio tiene la ventaja de no dañar la belleza del pelo al decolorarlo o hacerlo poco dócil y suave, por lo mencionado anteriormente nos hemos planteado los siguientes objetivos:

- Aplicar en la curtición de pieles caprinas del ecotipo criollo, diferentes niveles de Oxazolidina, (6, 7 y 8%) en combinación con 4% de sulfato de aluminio, para obtener calzado de dama de elevada calidad.
- Determinar el mejor tratamiento de Oxazolidina, (6, 7 y 8%) en combinación con 4% de sulfato de aluminio, en la curtición de pieles caprinas, mediante las pruebas físicas y sensoriales, y compararlas con las exigencias de la Asociación Española en la Industria del Cuero.
- Establecer los costos de producción y la relación beneficio costo de cada uno de los tratamientos.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. La piel

La piel es la estructura externa de los cuerpos de los animales. Es una sustancia heterogénea, generalmente cubierta con pelos o lana y formada por varias capas superpuestas. La piel responde a los cambios fisiológicos del animal, reflejándose sobre ellas muchas características importantes y específicas tales como: edad, sexo, dieta, medio ambiente y estado de salud (Adzet, 2005 p. 54). Esta envoltura externa ejerce una acción protectora, pero al mismo tiempo también cumple otras funciones como:

- Regular la temperatura del cuerpo.
- Eliminar sustancias de desecho.
- Albergar órganos sensoriales que nos faciliten la percepción de las sensaciones térmicas, táctiles y sensoriales.
- Almacenar sustancias grasas.
- Proteger el cuerpo de la entrada de bacterias.

1.2. Piel caprina

La piel está constituida básicamente por: agua 64 %, proteínas 33 %, grasas 2 %, sustancias minerales 0.5 %, otras sustancias 0.5 %, las proteínas las podemos diferenciar en: colágeno 94-95 %, elastina 1 %, queratina 1-2 % y el resto proteínas no fibrosas. Además, de contaminación externa como orina, estiércol, tierra y otros. Si una piel, tal y como se separa del animal, se abandona en ambiente cálido y húmedo, comienza en ella un proceso de putrefacción. Esto se puede evitar añadiendo una solución bactericida, pero, de cualquier forma, al secarse se convierte en un producto coriáceo sin ninguna flexibilidad (Lacerca, 2003, p. 43).

La piel separada del animal debe ser lavada tan pronto como sea posible, pues la suciedad y sangre del suelo de los mataderos producen rápidas contaminaciones bacterianas capaces de provocar un deterioro tan grande que nunca se pueda obtener de ella un cuero de calidad. Una vez lavada, se extiende en el suelo limpio, dejando hacia arriba la parte de la carne, sobre la que se añade sal común en la proporción de 0,5 a 1 Kg. (en granos de 1 a 3 milímetros de diámetro), por cada kilogramo de piel, (Enciso, 2011 p. 123).

La crianza de ganado caprino representa una actividad principal e importante fuente de alimentos e ingresos para numerosas familias que se dedican a ella en la costa y sierra del país. Para otras es una actividad generadora de ingresos complementaria a la agricultura. Los caprinos son las que surten a la industria de pieles muy finas y por esta condición una vez curtidas se destinan a la confección de calzado de alto valor, guantes, encuadernaciones de la mejor calidad, (Abraham, 2011, p. 24).

De los animales más jóvenes se obtienen los cueros más finos y de mayor costo. La piel de cabra tiene una estructura fibrosa muy compacta no producen lana sino pelo, es decir que se trata de fibras meduladas en toda su extensión. Los caprinos se consumen en grandes cantidades y se consideran de gran valor en el mercado. Por proporción inversa cuanto más larga es la lana o el pelo del animal menos valor tiene la piel. El trabajo de preparación de este tipo de pieles se hace difícil por ser portadoras de gran cantidad de grasas (Bacardit, 2004, p. 121).

Las pieles caprinas presentan una estructura fibrosa muy compacta con fibras meduladas en toda su extensión. Estas pieles finas son destinadas a la alta confección de vestidos, calzados y guantes de elevada calidad. El control de calidad se puede hacer sobre el cuero (piel curtida) o sobre la piel ante y post mórten, estableciéndose criterios de clasificación que le dan su valor de mercado, (Soler, 2002, p. 131).

La calidad de la piel y del cuero, está relacionada con su manejo, sacrificio, desollado, conservación, almacenamiento y curtido. La dermis es la parte de la piel que se transforma en cuero y representa en torno del 85 % del espesor. Se encuentra inmediatamente debajo de la epidermis y el límite entre las dos capas no es regular, caracterizándose por la presencia de salientes y entrantes que se entremezclan y se ajustan entre sí, (Jones, 2002, p. 132).

La piel caprina está formada por dos capas poco delimitadas entre ellas. Una termostática o papilar, más superficial, donde están los folículos pilosos, glándulas sudoríparas y sebáceas y el músculo erector del pelo, constituida por tejido conjuntivo laxo y fibrillas especiales de colágeno.

La segunda capa más profunda y espesa es la capa reticular constituida por tejido conjuntivo denso entrelazado con fibras elásticas y mayor presencia de fibras de colágeno, algunos estudios han demostrado que en la piel existen zonas diferenciadas en cuanto a estructura relacionada con el espesor y la densidad. Otros tratan sobre la diferencia en la resistencia físico-mecánica del cuero entre sus distintas regiones o entre especies, (Adzet, 2005, p. 143).

Hay razas de cabras especializadas en la producción de piel a las cuales se les debería introducir en nuestro país como son: Mubende (Uganda), RedSokoto ó Maradi (Nigeria) y Black Bengal (India), que en países como India y Pakistán suponen una fuente de ingresos muy importante (Morera, 2007, p. 24).

La piel caprina es el tipo de material que se utiliza para confeccionar zapatos más sólidos de uso diario: su estructura es maciza y aun así maleable. El tejido de su capa reticular, es muy resistente y debe poder soportar como mínimo unas 20000 flexiones sin quebrarse o desgarrarse. La capa papilar original es apenas visible puesto que la superficie ha sido tratada y cubierta por una capa graneada artificial (por ejemplo, un scotchgrain irregular), (Buhier, 2014 , p. 14)

La extensión de la piel es mucho mayor que la de la piel del ternero: llega a alcanzar a los 3 m2, por lo que suele cortarse en dos hojas a lo largo de la columna vertebral, forma en que llega al cortador. En la tabla 1-1, se indica la clasificación de las categorías caprinas de acuerdo a la edad del animal.

Tabla 1-1: Clasificación de las categorías caprinas de acuerdo a la edad del animal.

CATEGORÍAS	EDAD DEL ANIMAL
Chivato/a	Crías desde que nace hasta los 3 meses de edad.
Tripones/as	Machos y hembras de 3 meses hasta 1 año de edad.
Añojos	Machos de 1 a 2 años de edad.
Cabras	Hembras de 2 años de edad o que hayan tenido su primer parto.
Macho cabrío	Animales de 2 años de edad y que hayan tenido su primer servicio.

Fuente: Lucas, 2016, p. 15.

1.2.1. Características de la piel caprina

Las propiedades que fundamentalmente definen la calidad de la piel son integridad, espesor, elasticidad, flexibilidad y resistencia, las pieles integras 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 (Porcel, 2016, p. 22).

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, (Sánchez, 2006, p. 18).

Otras propiedades definitorias de la calidad de las pieles son su tamaño, color y tipo de pelo, las pieles de los adultos de mayor superficie que la de los corderos son menos elásticas, están más alteradas y se curten 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, (Frankel, 2016, p. 56).

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, los animales mestizos producen pieles más finas que las de marcada aptitud cárnica siendo aquellas en general más apreciadas, (Callejas, 2014, p. 57).

Así mismo algunos caracteres inherentes al tipo genético como el color oscuro de la piel o pelajes policromos 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 (Palomas, 2005, p. 18).

Aunque el sexo no 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. Las pieles de corderos sin esquilar que llegan a la industria curtidora son de mejor calidad que las de los animales adultos como son los carneros o las ovejas, la esquila produce ocasionalmente heridas que después cicatrizan reduciendo el valor económico de la piel (Pereira, 2016).

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 (Hidalgo, 2004).

El efecto del sistema de alimentaciones sobre la calidad de la piel es poco conocido, aunque parece que los individuos sometidos a pastoreo presentan una piel más resistente y de mejor textura que los alimentados en aprisco posiblemente debido a gimnástica 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, (Palomas, 2005, p. 36).

La dirección en que se extiende la piel es sumamente importante sobre todo en el caso de la piel con graneado artificial, para que la superficie irregular de esta no se alise con el uso y pierda su carácter graneado ya que es precisamente el grano lo que confiere al zapato su gran individualidad y su innegable atractivo (Bacardit, 2004, p. 45).

La piel de cabra posee un gran valor en el mercado debido a su apariencia estética y su resistencia lo que permite obtener productos de alta calidad como guantes, tafiletes y napas. Su mayor inconveniente es el reducido tamaño de las piezas y por lo tanto limita su uso para ciertos productos y mayor coste de mano de obra. En Ecuador la piel se considera un producto secundario en la explotación caprina, aunque tenga un alto significado económico en cuanto a la valoración global del animal, (Callejas, 2014, p. 23), por varias razones:

- Sistema de comercialización de pieles en mercados que no son aprobados por el gobierno y donde la piel muchas veces tiene precios exageradamente bajos.
- El valor del animal al ganadero se le da por un total después de descontar las tasas de matadero y no desglosado en cada una de las partes, venta de los animales vivos a un intermediario.
- Falta de información a los ganaderos de cómo mejorar el manejo para obtener la máxima calidad de la piel.

1.2.2. Defectos de la piel caprina

Existe la costumbre de marcar el ganado para identificarlo, esta técnica puede producir deterioros en la piel por quemaduras con hierros candentes. También suelen producirse marcas por simples

rasguños con alambres de espino en el campo o en el establo. A veces es necesario efectuar operaciones, entonces se queda la marca quirúrgica, (Soler, 2002, p. 12). Los defectos más comunes que se pueden presentar en las pieles de origen natural pueden ser:

- Marcas de fuego, imposibles de minimizar, así como también la presencia de cicatrices varias.
- Rayas abiertas o cicatrizados que dentro del proceso estas son más fáciles de disimular.
- Parásitos que dejan marcas como ser: garrapatas (su consecuencia es muy difícil de disimular, queda toda la flor con agujeros. Es un parásito que toma absolutamente todo el cuerpo) o sarna.
- Manchas de sal que pueden aparecer en ambos lados de la piel. En la flor por el empleo de una sal con exceso de bacterias que producen un ataque superficial en zonas húmedas. Del lado carne también atacan las bacterias y las más comunes son manchas rojas y violetas.
- Formación de solapas cuando el cuero ha sido mal salado se separa la capa reticular de la papilar. Se puede saber esto si se tira de los pelos, estos se desprenderán con mucha facilidad.
- Venas naturales del cuero que aparecen en general en las partes blandas y se ven sólo luego de la depilación. Se deberían a un mal lavado que deja sangre y luego al descomponerse deja las venas vacías formando como tubitos.
- Manchas en la flor luego del piquelado son de origen bacteriano. Luego del piquelado es común guardar los cueros y en muchas ocasiones aparece un moho que si queda mucho tiempo produce manchas. Para evitarlo se deben agregar fungicidas.

1.2.3. Procesos para el curtido de pieles caprinas

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. Pueden emplearse varias sustancias para curtir, pero la principal distinción está entre el curtido vegetal y al cromo. El curtido vegetal puede realizarse en foso o en bombos giratorios (fulones). El curtido rápido en el que se emplean elevadas concentraciones de taninos se realiza en tambores giratorios, (Rabanal, 2016, p. 67), como se indica en el gráfico 1-1.

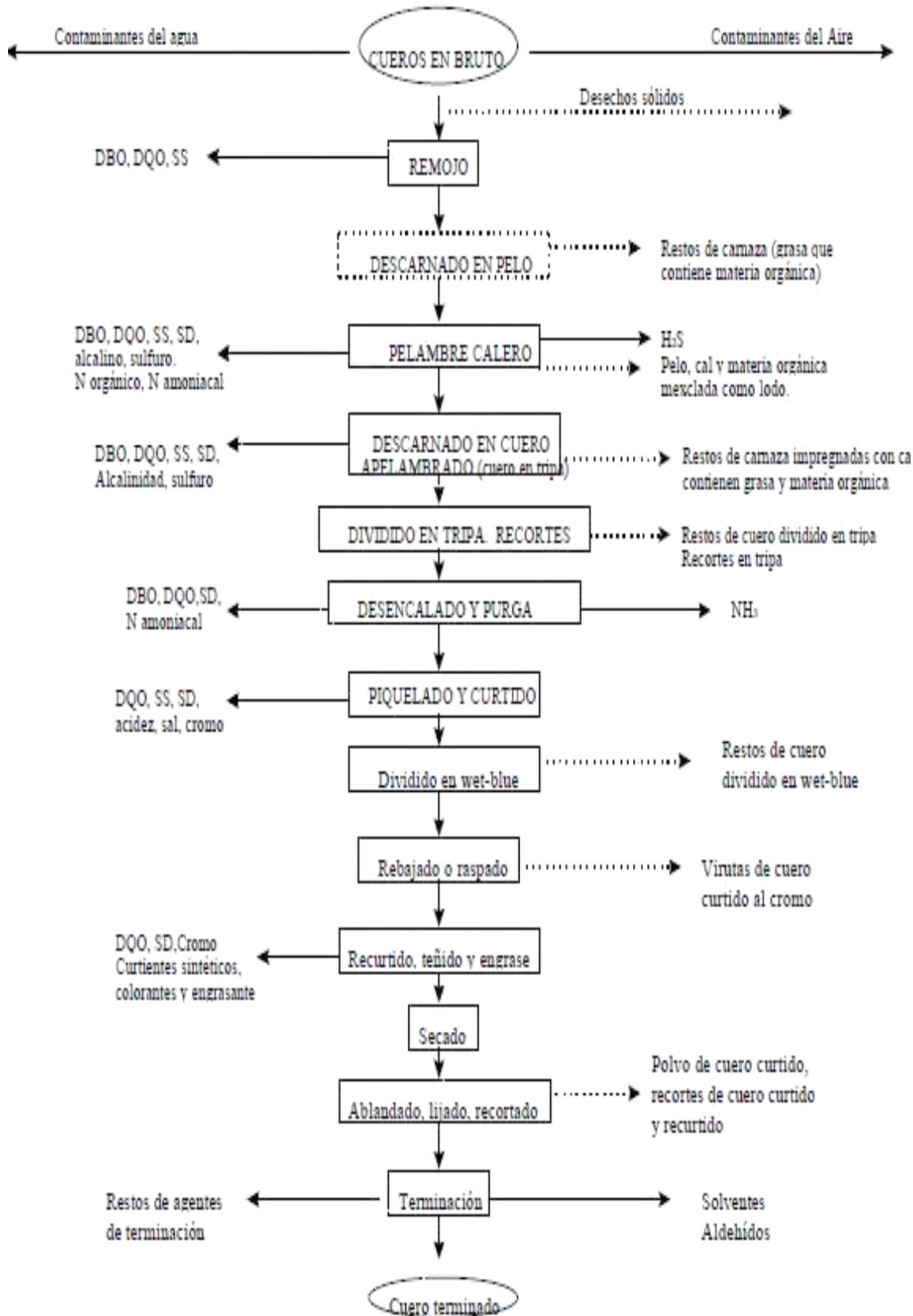


Gráfico 1-1: Esquema del proceso de curtido.

Fuente: Rabanal, 2016, p. 67.

1.2.3.1. Remojo

El remojo es la primera operación a la que se someten las pieles en el proceso de fabricación y consiste en tratarlas con agua. El objetivo del remojo es limpiar las pieles de todas las materias extrañas (estírcol, 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 (Rabanal, 2016, p. 35).

El consumo de agua es aproximadamente de 7 m³/t, con unos efluentes cargados con sal, proteínas solubles, suero, emulsionantes y materia en suspensión. Antes de la curtición debe llevarse la piel al 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. (Zaldivar, 2015, p. 47), también con el remojo se persigue:

- Ablandar las pieles dependiendo del sistema de conservación de tal forma que se asemejen a las pieles recién sacrificadas.
- Quitar la sangre, estírcol, 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.

1.2.3.2. Descarnado

La piel está constituida por las siguientes capas: epidermis, dermis y endodermis, la primera es eliminada en la depilación y apelmbrado y la tercera está constituida por fibras horizontales atravesadas por vasos sanguíneos. Generalmente quedan en esta parte de la piel, trozos de carne (músculos) o tejido adiposo (grasa). Con la operación de descarnado se eliminan estos componentes, para hacer frente a los procesos posteriores y para evitar el desarrollo de bacterias en el cuero (Espinoza, 2016, p. 43).

El descarnado se efectúa haciendo pasar la piel por una máquina que contiene un cilindro de transporte y agarre entre un cilindro neumático de garra y otro de cuchillas helicoidales afiladas por el movimiento de estos dos cilindros. Continuado al descarnado se procede a recortar el cuero en grupones: cabezas y faldas, según el destino requerido, procediendo luego a la división en partes según el espesor y seleccionando los descarnes. En nuestro caso trabajamos con espesores

que oscilan entre 2,5 mm a 6,0 mm. Esta parte del proceso es de suma importancia, puesto que aquí se orienta al producto según los requerimientos del mercado (Pereira, 2016, p. 12).

1.2.3.3. *Desencalado*

El desencalado es la operación que sirve para eliminar la cal y productos alcalinos del interior de la piel, y por lo tanto el hinchamiento alcalino de la piel apelmbrada. El objeto del rendido es lograr por medio de enzimas proteolíticas un aflojamiento y ligera peptización de la estructura del colágeno, al mismo tiempo que se produce una limpieza de la piel de, grasas, proteínas no fibrosas, etc, (Sánchez, 2006, p. 45).

La acción de las enzimas proteolíticas sobre el colágeno consiste en una degradación interna o hidrólisis topoquímica de las fibras colagénicas sin producirse productos de solubilización. Esta degradación debilita de tal forma la resistencia de la estructura que elimina prácticamente la histéresis del hinchamiento, (Hidalgo, 2004, p. 45)

1.2.3.4. *Desengrase*

La necesidad del desengrase viene dada por los inconvenientes que reporta su presencia durante el proceso de fabricación y sobre todo por la calidad deficiente que se obtiene en el cuero terminado. Los motivos por los que la grasa dificulta la fabricación correcta del cuero pueden agruparse en cuatro tipos fundamentales: La grasa dificulta la reacción de cualquier producto con la fibra de la piel y su penetración, (Zaldivar, 2015, p. 67).

La grasa no es miscible con agua y por consiguiente, la grasa que rodea las fibras impide la penetración del producto en disolución acuosa. Incluso impide la penetración del agua hasta la micro-estructura del colágeno durante el remojo de la piel, con lo cual aparecerán zonas de la piel en las que ningún proceso se habrá realizado correctamente, apareciendo un tacto duro, tinturas poco igualadas y poca penetración, (Porcel, 2016, p. 48), etc.

Hay más grasa en el centro y va disminuyendo hacia las faldas. Pero en general se pueden indicar unos promedios de contenido total de grasa en diferentes razas de animales. La piel vacuna y de cabra contiene menos grasa que la piel lanar. La piel de cerdo tiene la grasa debajo de la piel, y por tanto si está bien descarnada no lleva mucha grasa (Rabanal, 2016, p. 69)

1.2.3.5. Piquelado

Consiste en realizar un baño de agua con sal para prevenir el hidratamiento de la piel con el agregado posterior del ácido mineral. Es costumbre también usar el sistema de piquelado tamponado es decir con un agregado previo al ácido de formiato de calcio o sodio y el agregado de ácido fórmico antes del ácido mineral. Quedando una amplia reserva de ácido en el baño con lo que obtenemos: Una rápida difusión de la sal curtiente de cromo hacia el interior de la piel y por lo tanto se evita una curtición superficial y una flor más fina y firme en el cuero final (Flores, 2008 , p. 79).

La razón por la cual se píquela es para efectuar un ajuste del pH. En la purga se trabaja con un valor de 8 y para curtir se debe llegar de 2,8 a 3,5, decidiéndolo la práctica del curtidor y las características del producto final a obtener. Se busca al comienzo de la curtición que la reacción cromo-colágeno sea lenta, para que la piel precurtida sea con su estructura fijada no se encoja ni modifique, (Bayer, 2007, p. 98).

Se intensifica la reacción para completarla en un tiempo razonable mediante la basificación sea el agregado de un alcalino (bicarbonato de sodio) o soda solvay. Mediante el piquelado se preparan las pieles para el curtido evitando así un curtido inicial intenso que redundaría en perjuicio de la calidad del cuero final, para lo cual la piel debe ser ácida por lo que usamos un ácido previo con el agregado de cal que evita a la vez el hinchamiento precisamente ácido, (Libreros, 2003, p. 87).

1.2.4. Finalidad de la piel curtida

Conseguir una estabilización del colágeno respecto a los fenómenos hidrolíticos causados por el agua y/o enzimas, además de dar a la piel una resistencia a la temperatura superior a la que tiene en estado natural. Otra finalidad es conseguir, mediante la reacción de los productos curtientes con el colágeno, la creación de un soporte adecuado para obtener así una piel acabada apta para el consumo, con las características físicas necesarias, (Adzet, 2005, p. 45).

Para curtir es necesario provocar la reacción con los grupos reactivos libres en las cadenas laterales de las fibras de colágeno, sino que, además, pueda reaccionar con la propia cadena del colágeno, substituyendo los puentes de hidrógeno y otros enlaces naturales de la proteína fibrosa, de manera que en la substitución se anule la posibilidad de que, en el momento de secar la piel

mojada se vuelvan a formar las uniones naturales que la dejarían dura y translúcida como un pergamino, etc. (Lultcs, 2003, p. 123).

La experiencia demuestra que los productos para la curtición de la piel deben ser al menos bifuncionales. Generalmente son polifuncionales a fin de poder reaccionar con diferentes cadenas del colágeno en el mismo momento. La experiencia demuestra también que, además de polifuncionales, deben tener un tamaño molecular adecuado a fin de poder llegar a los grupos funcionales superficiales de diferentes cadenas del colágeno (Rabanal, 2016, p. 69).

Este tamaño no puede ser muy grande al menos al principio de la curtición, ya que se corre el riesgo de que no se puedan introducir hasta la microestructura del colágeno. Así, en la curtición con sales de cromo y aluminio se cree que la fijación se basa principalmente en la formación de enlaces covalentes entre los grupos carboxílicos del colágeno y los complejos del metal (Flores, 2008, p. 79).

En el caso de la curtición con extractos vegetales se cree que el efecto curtiente se produce principalmente debido a la formación de múltiples enlaces de tipo puente de hidrógeno y enlaces dipolares con la intervención de los grupos hidroxílicos de los taninos y de los grupos amídicos o peptídicos de la proteína. De todas formas, no se descarta la participación de otros efectos enlazantes en ambos tipos de curtición (Bayer, 2007, p. 98).

La mayoría de los casos se ha identificado el tipo de enlace que es el máximo responsable de la curtición se establecen otros tipos de enlace entre el colágeno y el curtiente, aunque de manera secundaria también influyen en el efecto curtiente final. Al ser la reacción en medio acuoso, los curtientes deben ser solubles en agua o formar disoluciones coloidales de micela muy pequeña (muy disgregadas), (Espinoza, 2016, p. 43).

1.3. Curtición con oxazolidina

El proceso más utilizado es la curtición al cromo, empleada en el 90% de las pieles que se curten en el mundo. Sin embargo, implica serios riesgos para el medio ambiente y la salud, derivados de la posible oxidación del cromo trivalente a cromo hexavalente, sustancia de carácter cancerígena. Por otro lado, existe en el mercado una creciente demanda de productos “ecológicos”, que emplean agentes de curtición alternativos al cromo, (Pereira, 2016, p. 12).

Por lo tanto, existe la necesidad de desarrollar procesos que generen menor impacto ambiental, obteniendo pieles de calidad que cumplan las exigencias del mercado. En este contexto, la curtición

con oxazolidina, combinada con otros curtientes sintéticos o vegetales, permite la obtención de cueros de calidad que pueden ser utilizados por las industrias del calzado, tapicería y marroquinería (Sánchez, 2006, p. 45).

La principal ventaja que presenta la curtición con oxazolidina es que permite obtener pieles curtidas con elevadas prestaciones, al tiempo que se consigue evitar la presencia de metales tanto en los residuos líquidos como en los residuos sólidos derivados del proceso de curtición, dado que hasta la fecha no existe constancia de problemas derivados del uso de la oxazolidina, (INESCOP, 2011, pág. 45)

De esta forma, se consigue reducir considerablemente el impacto ambiental generado durante el proceso de curtición y también al final del ciclo de vida de las pieles, ya sea en forma de recortes de piel cuando se fabrican diferentes artículos o cuando se desechan los mismos después de su uso, (Bacardit, 2004, p. 34).

Las oxazolidinas son compuestos heterocíclicos saturados preparados por reacción de amino alcoholes primarios con formaldehído, es posible la formación de compuestos monocíclicos o bicíclicos por lo que se sintetiza una gran variedad de oxazolidinas partiendo de diferentes amino alcoholes. Las oxazolidinas tienen una gran variedad de aplicaciones industriales: inhibidores de la corrosión, emulsionantes, diluyentes, agentes curtientes, etc, (Sánchez, 2006, p. 12).

Las oxazolidinas comercializadas como agentes curtientes son compuestos solubles en agua y compatibles con productos empleados en las operaciones de curtición. El gráfico 2-1. Muestra los principales tipos de oxazolidinas empleadas como curtientes. La oxazolidina E reacciona de forma irreversible con el colágeno de la piel a un pH del orden de 4,0 con una velocidad de reacción controlada por las condiciones de operación: dosificación, temperatura, etc. (Espinoza, 2016, p. 43).

Tipo	Oxazolidina A	Oxazolidina E	Oxazolidina T
Nombre	4,4-Dimetil-1-oxa-3-azaciclopentano	5-Etil-1-aza-3,7-dioxabicyclo [3,3,0] octano	5-Hidroxi metil-1-aza-3,7-dioxabicyclo [3,3,0] octano
Estructura molecular			
Número CAS	51200-87-4	7747-35-5	6542-37-6
Peso molecular (g/mol)	101.17	143.18	145.18
pH	11.0	11.2	9
Aspecto	Líquido amarillento	Líquido amarillento	Polvo blanco

Gráfico 2-1: Tipos de oxazolidinas empleadas como curtientes.

Fuente: INESCOP, 2011, p. 46.

La capacidad curtiente de la oxazolidina E se debe a la formación de un intermedio de reacción con los grupos amino del colágeno (lisina, hidroxilisina, tirosina y metionina) mediante enlaces covalentes estables. Las pieles curtidas sólo con oxazolidina alcanzan temperaturas inferiores a 75°C por lo que es necesario realizar la curtición en combinación con curtientes sintéticos o vegetales para alcanzar temperaturas superiores a 80°C y obtener pieles curtidas de calidad comparables a las pieles de curtición mineral, (Lacerca, 2003, p. 64)

1.4. Acción curtiente de la Oxazolidina

Una reacción irreversible con la piel en un amplio rango de pH. Obteniéndose los mejores resultados exponiendo que: A pH es 4.0 o superior, y a una velocidad controlada mediante las condiciones de operación (dosificación, tiempo, etc.), (Soler, 2002, p. 65).

La capacidad de la Oxazolidina E como agente curtiente se basa en la formación de un intermedio de reacción debido a dos posibles mecanismos: la protonación del oxígeno de cada anillo en medio ácido, que debilita el enlace C-O; la apertura de los anillos de oxazolidina, por hidrólisis en medio ácido, para proporcionar un intermedio con dos grupos N-(hidroximetilo) y el consiguiente ataque nucleofílico de esta especie intermedia a los grupos amino del colágeno (INESCOP, 2011, p. 23).

En el gráfico 3-1 se describe el proceso de reticulación del colágeno por medio de la acción de la Oxazolidina (Callejas, 2014, p. 145).

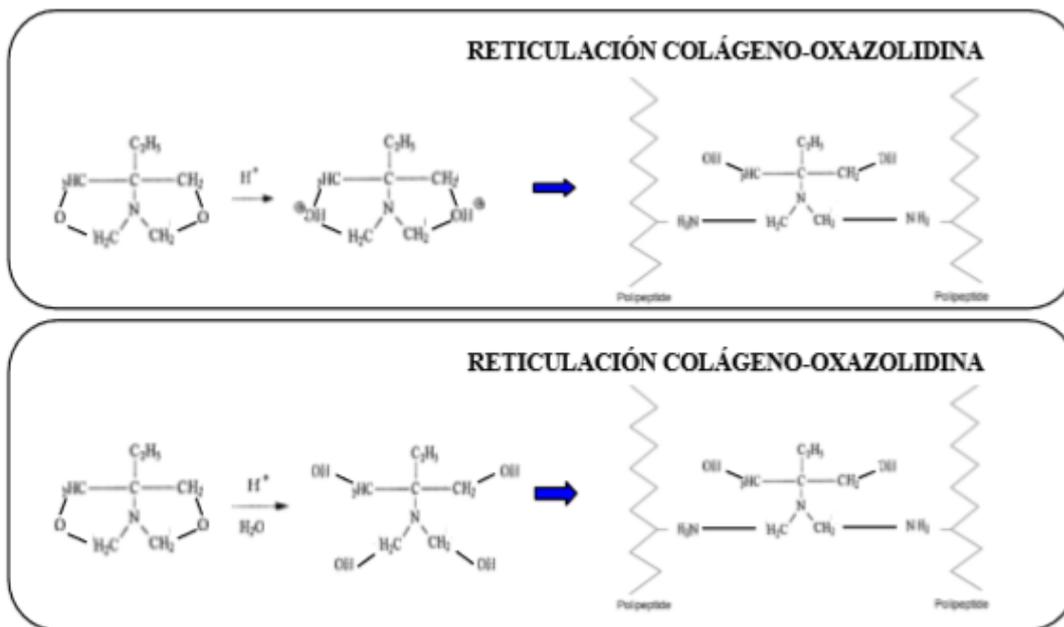


Gráfico 3-1: Reticulación del colágeno por la acción de la Oxazolidina.

Fuente: Callejas, 2014, p. 145.

1.5. Curtición con sulfato de aluminio

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. (Hidalgo, 2004, p. 67).

Las sales de aluminio poseen una afinidad mayor que el cromo por el cuero a niveles menores de pH. 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, para producir un cuero con una temperatura de contracción de ebullición plena (Castro, 2013, p. 78).

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. (Álvarez, 1992, p. 54).

1.6. Exigencias del cuero para calzado

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, (Adzet, 2005, p. 56):

- 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. En todo caso debe distinguirse entre cuero de calzado para usos convencionales y el de altas prestaciones con el calificativo comercial de "hidrofugado" o "waterproof, para el que todas las directrices establecen unas demandas más exigentes.
- El cuero de calzado debe ser permeable al vapor de agua, el contenido en sustancias inorgánicas solubles debe ser bajo para prevenir la formación de eflorescencias salinas.
- Otras cualidades importantes que pueden mencionarse son la solidez a la gota de agua para los afelpados, la resistencia a la tracción para los serajes, la estabilidad de los colores claros sin que se produzcan amarillamientos.

Los cueros destinados a la confección de calzado deben cumplir con un número determinado de exigencias de calidad según las Normas técnicas del Cuero y calzado las cuales de describen, (Asociación Española en la Industria del Cuero , 2002, p. 1) en la tabla 2-1.

Tabla 2-1: Requisitos básicos para el cuero de calzado

RESISTENCIAS FÍSICAS	NORMAS DE CALIDAD	LÍMITES
Resistencia al desgarro	ISO 3377	Mínimo 120 N absolutos
Resistencia a la atracción	ISO 3376 con una probeta	Mínimo 125000
Resistencia a la flexión	Del I = 90 mm y b1= 25 mm ISO 2023	flexiones sin agrietarse
Absorción de agua a los 60 minutos	Especificado en la norma	Máximo 30%
Tiempo para el primer paso de agua	Especificado en la norma	Mínimo 60 minutos
Penetración de agua a los 90 minutos	Especificado en la Norma	Máximo 2 gramos
Permeabilidad al vapor de agua		Mínimo 0.8 mg/h.cm ²
Coefficiente de vapor de agua		Mínimo 20 mg/h.cm ²
Valor del pH	ISO 4045	Mínimo 3'5
pH diferencial (solo si pH <4)	ISO 4045	Máximo 0.7'

Fuente: Asociación Española en la Industria del Cuero , 2002, p. 1.

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Localización y duración del experimento

El presente trabajo experimental se llevó a cabo en las instalaciones del Laboratorio de Curtiembre de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la ESPOCH, que está ubicada en la provincia de Chimborazo, cantón Riobamba sector kilómetro 1½ Panamericana Sur. A una altitud de 2754 msnm, y con una longitud Oeste de 78° 28' 00'' y una latitud Sur de 01° 38' 02''. La presente

investigación tuvo un tiempo de duración de 60 días. En la tabla 3-1, se describe las condiciones meteorológicas del cantón Riobamba.

Tabla 3-1: Condiciones meteorológicas del cantón Riobamba.

INDICADORES	VALOR
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 2017.

2.2. Unidades experimentales

El número de unidades experimentales que conformaron el presente trabajo experimental es 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.

2.3. Materiales, equipos e instalaciones

2.3.1. *Materiales*

- 24 pieles caprinas.
- Cuchillos.
- Estiletes.
- Overol.
- Baldes.
- Mascarillas.
- Botas de caucho.

- Guantes de hule.
- Tinas. Tijeras.
- Mesa.
- Peachimetro.
- Termómetro.
- Tableros para el estacado.
- Clavos.
- Tanque de gas.
- Cocina.
- Ollas.
- Embudo.
- Envases plásticos.
- Martillo.

2.3.2. Equipos

- Bombos de curtido, recurtido y acabado en húmedo.
- Balanza digital (gr).
- Balanza en (kg).

- Togging.
- Equipo de medición de la resistencia a la tensión y porcentaje de elongación.
- Zaranda eléctrica.

2.3.3. *Reactivos*

- Sal en grano.
- Formiato de sodio.
- Bisulfito de sodio.
- Sulfuro de sodio.
- Ácido fórmico.
- Ácido sulfúrico.
- Producto Ríndente.
- Lanolina.
- Deslizante.
- Dispersante.
- Recurtiente de sustitución.
- Resinas acrílicas.
- Rellenante de faldas.
- Neutralizante.

- Recurtiente acrílico.
- Alcoholes grasos.
- Sulfato de aluminio.
- Cloro.
- Cal.
- Diesel.
- Tensoactivo.
- Oxazolidina.
- Anilina.
- Compactante.
- Penetrante.
- Ligante de partícula fina.
- Hidrolaca.

2.4. Tratamiento y diseño experimental

En la presente investigación se realizó una curtición mixta para transformar la piel caprina en un producto imputrescible como es el cuero para elaborar calzado de dama, utilizando tres diferentes niveles de Oxazolidina (6, 7 y 8%) en combinación con 4% de sulfato de aluminio con 8 repeticiones por tratamiento y un tamaño de la unidad experimental de 1, dando un total de 24 unidades experimentales, por lo que las unidades experimentales se distribuyeron bajo un Diseño Completamente al Azar, cuyo modelo lineal aditivo fue:

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

Donde:

- Y_{ij} = Valor del parámetro en determinación
 μ = Efecto de la media por observación
 α_i = Efecto de los niveles de oxazolidina en combinación con sulfato de aluminio.
 ϵ_{ij} = Efecto del error experimental

2.4.1. Esquema del experimento

En la tabla 4-2, se describe el esquema del análisis de varianza que fue utilizado en la investigación.

Tabla 4-2: Esquema del experimento.

TRATAMIENTO	CÓDIGO	REPETICIONES	TUE*	Rep./trat.
6 % de oxazolidina, más 4 % de sulfato de aluminio	T1	8	1	8
7 % de oxazolidina, más 4 % de sulfato de aluminio	T2	8	1	8
8 % de Oxazolidina, más 4 % de sulfato de aluminio	T3	8	1	8
TOTAL				24

Realizado por: Galarza, María 2019.

En la tabla 5-2, se indica el esquema del Análisis de Varianza (ADEVA).

Tabla 5-2: Esquema de ADEVA

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

Realizado por: Galarza, María 2019.

2.5. Mediciones experimentales

2.5.1. Físicas

- Resistencia a la tensión, N/cm².
- Porcentaje de elongación, %.
- Lastometría, mm.

2.5.2. Sensoriales

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

2.5.3. Económicos

- Costos de producción USD
- Relación beneficio costo, USD.

2.6. Técnicas estadísticas

Los resultados fueron modelados bajo un diseño completamente al azar y las estadísticas fueron:

- Análisis de Varianza ADEVA (Resistencias físicas; Cuantitativa)
- Comparación de medias según Tukey ($P < 0,01 - 0,05$)
- Prueba de Kruskal Wallis (Análisis sensorial; Cualitativa)

- Análisis de regresión y correlación de Pearson

2.7. Procedimiento experimental

2.7.1. *Recepción de pieles*

Las pieles llegan a la tenería acondicionadas con sal en grano como sustancia deshidratante que permite preservar la piel. Las pieles generalmente llegan sin previo lavado, por lo que aún presentan restos de sangre, heces, tierra y suciedad, por lo que es importante previo a cualquier procedimiento empezar por la etapa de remojo buscando con ello eliminar y acondicionar la piel para empezar los tratamientos posteriores.

2.7.2. *Pesaje de las pieles*

Para esta fase del proceso, se sacude a la piel, buscando con ello que todas las impurezas, como pueden ser restos de sal, tierra o basura en general, se desprendan de la piel, esperando llegar a un pesaje lo más asertivo posible ya que en él se basan todos los procedimientos restantes. Para el pesaje se utilizó una báscula de carácter industrial, con la que se obtuvo un peso de 17.20 Kg (8 pieles crudas).

2.7.3. *Remojo*

- Como se dijo anteriormente, la fase de remojo es crucial, y tiene como función principal lavar las pieles de todos los restos que resultan perjudiciales para los posteriores procesos. Este procedimiento se lo realizó en 2 etapas, la primera con una mezcla de agua al 200% y 0.1% de tensoactivo respecto al peso de las pieles a temperatura ambiente, las mismas que reposaron, para luego de 30 minutos botar el baño.
- La segunda fase se usó agua al 200%, tensoactivo al 0.5% y cloruro de sodio al 2% a temperatura ambiente, reposando con las pieles por 3 horas, para posteriormente botar el baño.

2.7.4. Pelambre por embadurnado

Nuevamente se pesaron las pieles y en base a ese peso se preparó la pasta para embadurnar y depilar, el cual se utilizó sulfuro de sodio al 2.5%, en combinación con el 3 % de cal, disueltas en 5 % de agua; esta pasta se aplicará a la piel por el lado carne, con un dobles siguiendo la línea dorsal para colocarlas una sobre otra y dejar reposar durante 12 horas, para luego extraer el pelo de forma manual.

2.7.5. Pelambre en bombo

- El proceso de pelambre – calero, permite eliminar el pelo restante de la piel y posteriormente hincharla y prepararla para el curtido, permitiendo el ingreso e incorporación de los agentes curtientes. Este procedimiento se lo realizó en 8 fases, todas las fases se realizaron a temperatura ambiente (solo en la última fase se botó el baño), en la primera se usó agua al 100% y sulfuro de sodio al 0.4%, girando con las pieles dentro del bombo por 20 minutos.
- En la segunda fase se añadió 0.4 % de sulfuro de sodio, girando por 10 minutos. En la tercera fase se sumó cloruro de sodio al 0.5 % más 50 % de agua, girando por 20 minutos. En la cuarta fase se agregó 0.5 % de sulfuro de sodio, girando por 30 minutos. En la quinta fase se añadió cal al 1%, girando por 30 minutos. En la sexta fase se agregó cal al 1 %, girando por 30 minutos.
- En la séptima fase se sumó al proceso nuevamente cal al 1% rodando por 3 horas, para finalmente en la octava fase consiste en girar el bombo por 10 minutos y descansar 50 minutos por un lapso de tiempo de 18 horas. Entonces se bota el baño y se ve a las pieles limpias de impurezas, eliminadas de pelo y con la hinchazón necesaria para pasar a la etapa del descarnado y dividido.

2.7.6. Descarnado y desencalado

- Inmediatamente se lavaron las pieles con 200 % de agua limpia a temperatura ambiente, girando por 30 minutos. Se bota el baño y se prepara otra con 100 % de agua a temperatura ambiente más 1 % de cal, rotando por 30 minutos y se eliminó el baño.
- El desencalado es una de las etapas cruciales de entre todos los procedimientos, ya que la cal utilizada en el proceso de pelambre impide una adecuada curtición, teñido y engrase, esto

debido a que la cal actúa como agente bloqueador de cromo y mimosa, por lo cual un adecuado descalcado es vital. Se realizó en 4 fases, para la primera se usó agua al 200% a 30 °C más formiato de sodio al 0.2 %, donde rodó el bombo por 1 hora y se eliminó el baño.

- Se realizó la prueba de fenolftaleína para lo cual se colocó 2 gotas en la piel para ver si existió o no presencia de cal, y que debió estar en un pH de 8,5. En la segunda fase se usó agua al 100 % a 35 °C, bisulfito de sodio al 1 %, formiato de sodio al 1 % y producto rindente al 0,1 %, girando por 1 hora.
- Finalmente en la tercera fase se añadió 0.02 % de producto rindente, donde rodó el bombo por 15 minutos para luego botar el baño. La cuarta fase es la de lavado, donde se usó agua a temperatura ambiente y al 200% girando por 40 minutos antes de botar el baño.

2.7.7. Piquelado

- El piquelado es el proceso que permite acidificar el baño, alcanzando niveles de PH en un rango de 2.8 a 3.5, dependiendo del tipo de cuero que se desee obtener, se lo realizó en 7 fases (sin botar el baño hasta la última). Para la primera fase se utilizó agua al 60 % y cloruro de sodio al 10 %, girando por 10 minutos. La inclusión del ácido fórmico se realizó en las siguientes 6 fases del proceso (se lo introdujo diluido por abertura lateral del bombo, sin poner en para),
- La primera carga de ácido fórmico se divide en 3 etapas con una inclusión de 0.46 % por etapa, girando por 20 minutos las dos primeras y la última por 1 hora. En las tres fases restantes, se repite el procedimiento anterior con el ácido fórmico al 0.4% por etapa, girando las 2 primeras durante 20 minutos y la última por 1 hora y se procede a botar el baño.

2.7.8. Desengrase

Se empleó un primer baño al 100 % de agua a 35 ° C, tensoactivo al 2 % y diésel al 1 %, donde giró el bombo por 1 hora para luego eliminar el baño. En el segundo baño se usó agua al 200% a 35 °C más tensoactivo al 2 %, girando por 30 minutos y botar el baño. Se efectuó el tercer baño con 200 % de agua a temperatura ambiente para eliminar el tensoactivo y la grasa extraída, para iniciar las operaciones posteriores de piquel – curtición.

2.7.9. Curtición

Pasado el reposo se rodó el bombo durante 10 minutos y se añadió el 6 % de Oxazolidina, más 4 % de sulfato de aluminio para las primeras 8 pieles del tratamiento T1, así como también el 7 % de Oxazolidina, más 4 % de sulfato de aluminio, para las 8 siguientes pieles del tratamiento T2 y finalmente se adicionará el 8 % de Oxazolidina, más 4 % de sulfato de aluminio para las 8 pieles del tratamiento T3. Se rodó el bombo durante 1 hora, pasado ese tiempo se adicionó el 1 % de basificante; diluido 10 veces su peso y dividido en 3 partes, girando el bombo por 1 hora las dos primeras y la última por 5 horas, finalmente se realizó un baño con 100 % de agua a 70 °C rotando el bombo por 30 minutos y se bota el baño.

2.7.10. Perchado y rebajado

- Consiste en tender el cuero sobre una superficie con caída, buscando con ello eliminar el exceso de agua presente en las pieles después del baño por un lapso de 24 horas.
- El rebajado se lo realiza una vez oreado y sin exceso de agua en las pieles, va el proceso de rebajado, que es un maquinado que tiene como finalidad reducir el espesor de las pieles, en este caso a un espesor de 1 mm. La máquina utilizada para este proceso tiene un juego de 18 cuchillas cilíndricas las cuales se encargan de ir rebajando el espesor. Posterior a ello, se pesó nuevamente las pieles para en base a ese nuevo peso seguir con los procedimientos.

2.7.11. Remojo y recurtido catiónico

Consistió en realizar un baño donde se utilizó 200 % de agua a 25 °C, tensoactivo 0.2 % y ácido fórmico al 0.2 %, girando por 20 minutos para posteriormente botar el baño. El recurtido catiónico se basa en realizar un baño con 80 % de agua a 40 °C, 2 % de oxazolidina y 1 % de sulfato de aluminio, girando en conjunto por 40 minutos.

2.7.12. Neutralizado

Se lo realizó en 2 etapas, en la primera se utilizó agua al 100 % a temperatura ambiente y formiato de sodio al 1%, girando por 30 minutos. En la segunda etapa se añadió recurtiente neutralizante al 2% y girando por 1 hora.

Y antes de botar el baño, se debe verificar el nivel de PH con verde bromocresol de las pieles, si resulta ser adecuado entonces ahí si finalmente se bota el baño. Luego se lavó a las pieles para eliminar restos de productos, se usó agua al 300 % a 40 °C, girando por 40 minutos, y se botó el baño.

2.7.13. Recurtido, teñido y engrase

- Este es el proceso que requiere más productos que todos los anteriores, se realiza todo en un mismo baño, por lo que solo hasta el final, se vacía el bombo. Para el Recurtido se utilizó agua al 50% a 40 °C más recurtiente dispersante al 2% girando juntos por 10 minutos.
- La fase de teñido consiste en adición de anilina, de color de preferencia al 2 %, mimosa al 6 %, rellenanate de faldas al 2 % y resina acrílica (1:10) al 3 % la cual giró por 1 hora dentro del bombo. Finalizado el teñido, va la fase de engrase, donde se utilizaron 3 diferentes tipos de grasas, esterfosforico al 4 %, parafina sulfurosa al 6 % y aceite sulfonado al 4 % más 150 % de agua a 70°C girando por una hora.
- Finalizado todo, viene la fase de fijación, para lo que se utilizó ácido fórmico, el cual se colocó cada 10 minutos en 2 etapas, al 0.75% cada una sin poner en para al bombo, para finalmente reposar por 12 horas y botar el baño, seguido de un lavado con agua al 200% por 30 minutos quedando listo para el segundo perchado. Terminado el proceso anterior se dejarán los cueros caprinos reposar durante 1 día en sombra (perchados), luego se escurrirán y se dejaron secar durante 1 día.

2.7.14. Aserrinado, ablandado y estacado

Se procedió a humedecer ligeramente a los cueros caprinos con una pequeña cantidad de aserrín húmedo con la finalidad de que estos absorban humedad para una mejor suavidad, durante 12 horas. Los cueros caprinos se los ablandarán a mano y luego se los estacó a lo largo de todos los bordes del cuero con clavos de 1 pulgada, estirándolos poco a poco sobre un tablero de madera hasta que el centro del cuero tenga una base de tambor, y se dejaron todo un día para luego retirar los clavos.

2.7.15. Pintado

- Para esta fase se empezó realizando la pintura. Para la preparación de $\frac{1}{4}$ de pintura complejo negro y disolvente al 25 %, se realizaron 3 repeticiones por banda con un intervalo de secado de 10 minutos por repetición. Una vez secas, se procedió a sopletear laca al agua a las 24 pieles. Se usó la técnica en cruz para el sopleteado.
- Este proceso de lacado se lo realiza con la finalidad de preparar las pieles para el proceso de prensado, donde las pieles van a estar sometidas a altas temperaturas y presiones que puede dañar la pintura, por lo que la laca al agua funciona como agente protector para evitar la prensa ocasione algún daño a la capa de pintura.

2.7.16. Prensado

Es un proceso mecanizado, en el cual se pueden controlar tres variables temperaturas, presión y tiempo de presión, con la finalidad de dar un acabado superficial específico a las pieles. Para los 3 tratamientos, se utilizó temperatura a 100°C, por 4 segundos y 200 Bar de presión. Para los 3 tratamientos se utilizó la plancha “Lisa” para el grabado del acabo superficial.

2.7.17. Lacado final

Para los 3 tratamientos se utilizó laca solvente brillo y estaba compuesta por laca al 30%, diluyente al 60%. Se realizó una repetición por banda con un intervalo de secado de 10 minutos. Se usó la técnica en cruz para el sopleteado. Este último acabado a las 18 bandas actúa como sellante para evitar que las condiciones climáticas y demás afecciones ocasionen algún daño a la capa de pintura, garantizando así una vida útil del producto aceptable para el mercado actual.

2.8. Metodología de evaluación

2.8.1. Análisis sensorial

Para los análisis sensoriales se realizó una evaluación a través del impacto de los sentidos que son los que indican que características presentaron cada uno de los cueros caprinos dando una calificación de 5 correspondiente a excelente; 3 a 4 muy buena; y 1 a 2 buena y menos de 1 baja; en lo que se refirió a, llenura., blandura y redondez

- Para detectar la llenura del cuero caprino destinado a la confecciona de calzado 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 estuvieron llenas o vacías, y de acuerdo a esto se procedió a establecer la calificación.
- La medición de la blandura del cuero caprino se la realizó sensorialmente; es decir, el juez calificador tomó entre las yemas de sus dedos el cuero y efectuó 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 del cuero caprino destinado a la confecciona de calzado 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.

2.8.2. *Análisis de las resistencias físicas*

2.8.2.1. *Resistencia a la tensión*

- Se procedió a calcular la resistencia a la tensión o tracción según el siguiente modelo matemático:

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

Rt= Resistencia a la tensión a tracción

C= Carga de la ruptura (Dato obtenido a través de la lectura del display de la máquina)

A = Ancho de la probeta

E= Espesor de la probeta

- Un aspecto importante fue el corte de las probetas es el corte de la probeta del cuero caprino, que utilizó durante los ensayos, de acuerdo a las normas IUP 1.
- Al cortar las probetas, de acuerdo a la norma IUP 1, se aplicó un troquel a la superficie de flor; obteniéndose dos tipos de probetas: una probeta con los lados más largos en dirección paralela al espinazo y la otra probeta con los lados más largos en dirección perpendicular al espinazo. La toma de muestra se efectuó de acuerdo con la norma IUP 3 en su versión actualizada en el año 2000, que especifica que, como mínimo durante las 48 horas que preceden a los ensayos físicos, las probetas debieron permanecer en una de las atmósferas normalizadas.
- El espesor del cuero fue un dato de interés para el cálculo de propiedades como la densidad aparente o la resistencia mecánica a la tensión. La medida del espesor del cuero, durante las mediciones, dependió de dos factores importantes tales como la presión y el tiempo. Se aplicó la norma IUP 4, que utilizó un calibrador micrométrico de disco.

La presión aplicada fue de 500 g/cm². Para esta operación se siguieron los siguientes pasos:

- En la medición del espesor del cuero se colocó en el calibrador con el lado flor hacia arriba.
- Se le aplicó la carga suavemente y cinco segundos después de haber aplicado la totalidad de la carga se procedió a la lectura.

La máquina que se utilizó para realizar los ensayos de resistencia a la tensión traccional que sufrió la probeta de cuero al someterla a la fuerza atractiva ascendente. La misma, estuvo diseñada para:

- Alargar la probeta a una velocidad constante y continua y se registró las fuerzas que se aplicaron y los alargamientos, que se observaron en la probeta.
- Alcanzó la fuerza suficiente para producir la fractura o deformación permanentemente (Rotura total) y brindó la lectura de los valores de elongación alcanzados hasta la fractura de la probeta.
- Con una velocidad uniforme de separación de mordazas de 100 mm/min \pm 20 mm/min, y un sistema de determinación de la extensión de la probeta.
- Mordazas, con una longitud mínima de 45 mm en la dirección de la carga aplicada, capaces para ejercer una sujeción constante. La textura y diseño de las caras internas de las mordazas,

con una máxima carga alcanzada en el ensayo, no permite que la muestra se deslice más del 1% de la separación inicial entre las mordazas.

Durante el ensayo de resistencia a la tensión por tracción de la probeta, la operación se realizó colocando primeramente los extremos opuestos de la probeta entre las mordazas y se separaron. La probeta debió quedar firmemente sujeta en las mordazas tensoras para evitar deslizamientos, lo cual provocó lecturas falseadas de los resultados. Para el encendido de la máquina, calibración y accionamiento, se efectuó el siguiente procedimiento:

- Una vez que sea colocada firmemente la probeta entre las mordazas tensoras, se encendió la máquina y, habiéndose logrado una ligera tensión inicial en su colocación, se procedió a la calibración de la máquina; llevándola convenientemente a cero el valor de lectura inicial.
- Una vez alcanzado este propósito se acometió la tarea de producir el estiramiento de la probeta hasta romperla. Esto se logró mediante el movimiento ascendente de la mordaza móvil.
- La fuerza de tracción que se le aplicó, ira siendo registrada en el indicador de lectura; al mismo tiempo también se fueron obteniendo los valores de elongación hasta la fractura de la probeta.
- Se procedió a la lectura final de los valores obtenidos, una vez que la probeta fue quebrada totalmente (figura 1-2).

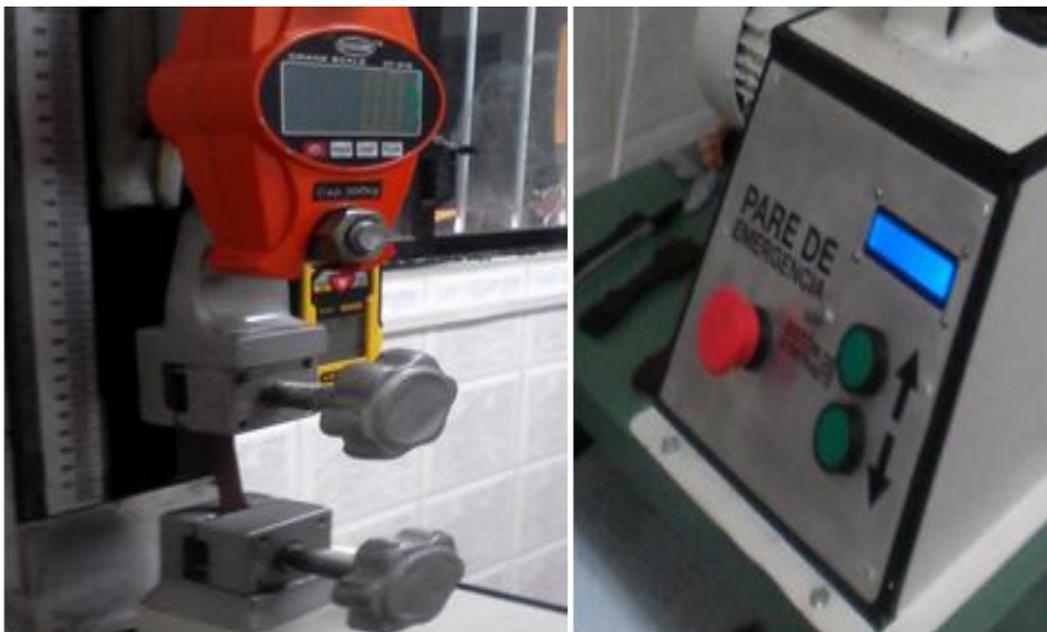


Figura 1-2: Equipo para la medición de la resistencia a la tensión.

Fuente: Laboratorio de curtiembre de pieles. 2019.

2.8.2.2. Porcentaje de elongación

Para determinar el porcentaje de elongación se siguió el siguiente procedimiento:

- Se cortó una ranura en la probeta.
- Estas piezas estuvieron fijadas por sus extremos en las mordazas como el que se usa en el ensayo de tracción.
- Al poner en marcha la maquina la pieza en forma de " I " introducida en la probeta se separó a velocidad constante en dirección ascendente causando el desgarro del cuero hasta su rotura total.
- Finalmente se registró los datos obtenidos y se aplicó la fórmula.
- Se procedió a calcular el porcentaje de elongación según la fórmula detallada a continuación:

$$\%En = \left(\frac{Mf - Mi}{M} \right) \times 100$$

% En= Porcentaje de elongación.

Mf= Medida final (Dato obtenido en el display de la máquina)

Mi= Medida inicial (Dato obtenido en el display de la máquina)

M= Medida inicial de la probeta.

2.8.2.3. Lastimetría (mm)

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 a 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 (figura 2-2).

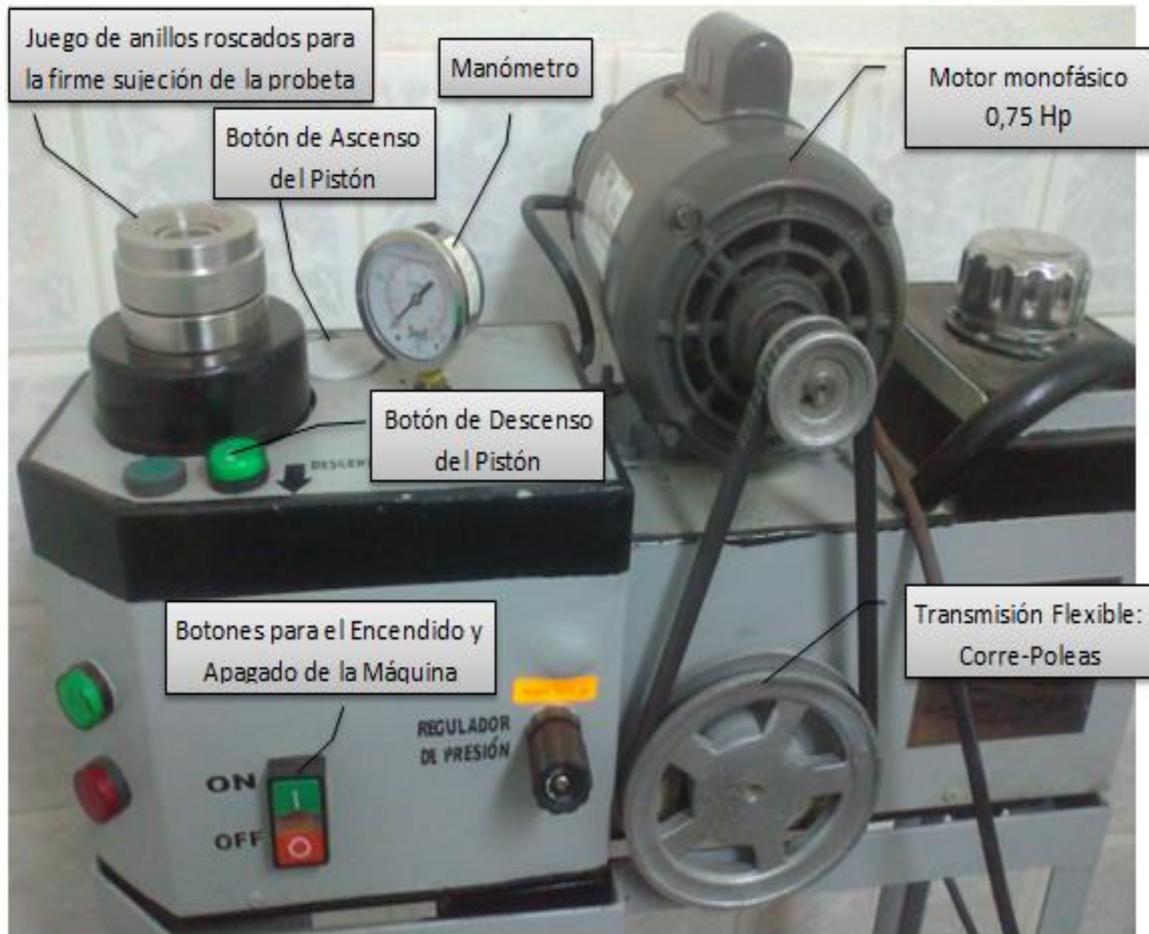


Figura 2-2: Máquina para el test de Lastometría.

Fuente: Laboratorio de curtiembre de pieles. 2019.

2.8.3. Análisis económico

Se determinó mediante el indicador económico Beneficio/Costo, según la aplicación de cada tratamiento.

$$B/C = \frac{\text{Ingresos totales (\$)}}{\text{Egresos totales (\$)}}$$

CAPÍTULO III

3. MARCO DE RESULTADOS, DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1. Evaluación de las resistencias físicas de las pieles caprinas curtidas con diferentes niveles de oxazolidina en combinación con sulfato de aluminio para la elaboración de calzado

3.1.1. Resistencia a la tensión

Los valores de la resistencia a la tensión de las pieles caprinas, determinaron diferencias altamente significativas ($P < 0,01$), por efecto de la inclusión de diferentes niveles de oxazolidina, en combinación con 4 % de sulfato de aluminio, por lo tanto se estableció los resultados más altos en las pieles curtidas con 7% de oxazolidina tratamiento (T2), con valores de 2274.75 N/cm², seguido de los reportes del tratamiento T1 (6%), con respuestas de 2272.50 N/cm²; mientras tanto que, los valores de tensión más bajas son reportadas en los cueros del tratamiento T3 (8%), con medias de 1701.50 N/cm², como indica en la tabla 6-3.

Tabla 6-3: Evaluación de las resistencias físicas de las pieles caprinas curtidas con diferentes niveles de oxazolidina en combinación con 4 % de sulfato de aluminio para la elaboración de calzado.

VARIABLES FÍSICAS	PORCENTAJE DE OXAZOLIDINA + 4 % de sulfato de aluminio			EE	Prob	Sign
	6 %	7%	8 %			
	T1	T2	T3			
Resistencia a la tensión , N/cm ²	2272.5 a	2274.75 a	1701.5 b	92.42	0.0002	**
Porcentaje de elongación,%	68.12 ab	86.875 a	52.8125 b	5.29	0.001	**
Lastometría, mm.	9.86 a	9.83 a	9.79 a	0.1	0.862	ns

EE: Error estadístico.

Prob: probabilidad.

Sign: Significancia.

** . Promedios con letras distintas difieren estadísticamente según Tukey ($P < 0.01$).

Realizado por: Galarza, María 2019.

De los valores expuestos de la resistencia a la tensión se afirma que la adición de 7 % de oxazolidina más el 4% de sulfato de aluminio (T2), mejora la resistencia a la tensión de las pieles caprinas, debido a que al existir la apertura de las fibras el curtiente ingresa hasta la profundidad del entretamo fibrilar reforzando su estructura y permitiendo que soporten fueras externas tanto las producidas en el armado del calzado como en el uso diario.

Los resultados de la resistencia a la tensión del cuero caprino del presente trabajo, cumplen con la normativa de la (Asociación Española en la Industria del Cuero , 2002), que establece en la norma técnica NTE-IUP6, resultados que van de 800 a 1200 N/cm², para cueros destinados a la confección de calzado siendo mayor esta superioridad en los cueros del tratamiento T1, es decir al curtir con 6 % de oxazolidina, ya que como se ha mencionado la combinación de estas dos curtientes es decir oxazolidina y sulfato de aluminio refuerza el tejido fibrilar del colágeno.

Lo que es corroborado con lo que menciona (Lacerca, 2003, pág. 22), quien manifiesta que la curtición con oxazolidina consiste en la obtención de pieles exentas de metales con aspecto y cualidades adecuadas, mediante la sustitución de los productos curtientes habituales (sales básicas de cromo trivalente en un 85-90%) por oxazolidina en combinación con agentes curtientes sintéticos, sulfato de aluminio o vegetales, empleando formulaciones semejantes a las habituales y realizándose el proceso de curtición en las mismas instalaciones y equipos, con el único fin de reforzar el tejido fibrilar para que soporte adecuadamente las tensiones multidireccionales a las que se somete el cuero el momento del armado del calzado.

Este método de curtido es muy importante se basa en nivelar el pH o alcalinidad de la piel y su solubilidad para que el curtido penetre bien a la piel y con ello se refuerce el entretejido fibrilar para que el cuero a no se rompa es decir no se provoque daño o rotura desmejorando la calidad y por ende el precio en el mercado. El acrecentamiento en los volúmenes de producción que experimenta la industria del cuero se fundamenta principalmente en la aplicación de sales de cromo como el principal insumo de curtido, pero representan una gran amenaza al ambiente y al hombre debido a sus efectos nocivos.

Las pieles curtidas con sales de cromo presentan una elevada estabilidad, que viene determinada por una temperatura de contracción (Tg) superior a 100°C, mientras que las pieles curtidas sólo con Oxazolidina alcanzan temperaturas de contracción por debajo de 75°C. Por ello, es necesario combinar la curtición con Oxazolidina con recurtientes vegetales o sintéticos para alcanzar mayores temperaturas de contracción y obtener pieles de calidad comparable a las pieles curtidas con cromo. Las Oxazolidina son productos químicos muy empleados que 50 tienen una gran variedad de aplicaciones: inhibidores de corrosión, emulsionantes, diluyentes o agentes de

curtición. Las Oxazolidina comercializadas para su uso como agente curtiente son compuestos solubles en agua y compatibles con la mayoría de los productos químicos comúnmente utilizados en las operaciones de curtición por lo que pueden introducirse en diferentes etapas del proceso.

Al efectuar el análisis de regresión para la resistencia a la tensión de las pieles caprinas que se ilustran en el grafico 4-3, se determinó una tendencia cuadrática altamente significativa ($P=0.0002$), que establece que inicialmente la tensión se eleva al incluir 6 % de oxazolidina en la fórmula de curtido para posteriormente con la aplicación de 8 % de oxazolidina descender la resistencia a la tensión. Se aprecia que el coeficiente de determinación fue de 54.89% mientras tanto que el 45.11 % restante depende de otros factores no considerados en la presente investigación y que tienen que ver con la calidad de la materia prima y sus procesos de conservación. La ecuación de regresión utilizada fue: $Tensión = -9826.5 + 3743x - 287.75x^2$

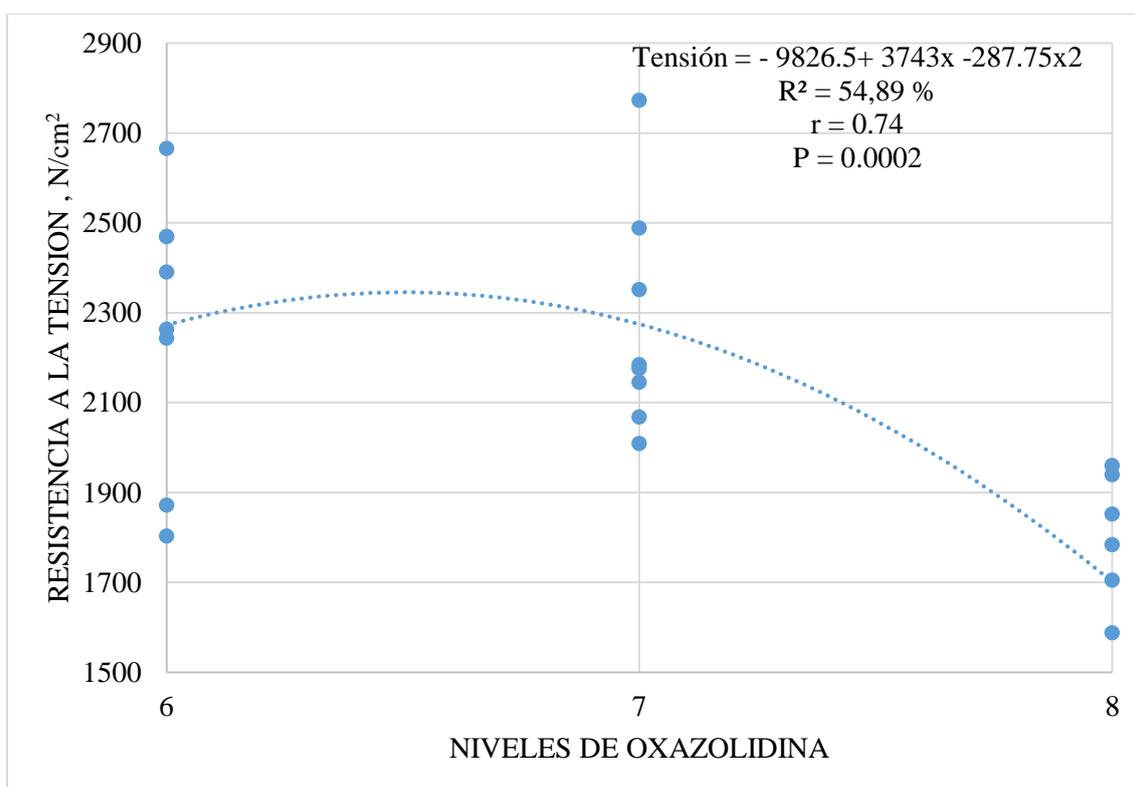


Gráfico 4-3: Resistencia a la tensión de las pieles caprinas curtidas con diferentes niveles de oxazolidina en combinación con sulfato de aluminio para la elaboración de calzado.

Realizado por: Galarza, María 2019.

La resistencia al tensión de la presente investigación que registra una media de 2274.75 N/cm² al utilizar 7 % de oxazolidina en combinación con 4 % de sulfato de aluminio, es superior al ser comparada con lo que indica (Pilataxi, 2017), quien manifiesta que los valores medios reportados por la resistencia a la tensión de los cueros ovinos por efecto de la curtición con diferentes niveles

de sulfato de aluminio en combinación con precurtiente resínico, alcanzó las mejores respuestas cuando se curtió las pieles con 7% de sulfato de aluminio, con valores de 1217,95 N/cm²,

Además son inferiores a los registros de (Puente, 2016), quien reportó que los valores de la resistencia a la tensión de los cueros vacunos, efecto de la inclusión de diferentes niveles de *Caelsalpinia Spinoza* (tara), en combinación con 5 % de oxazolidina, fueron más altos en los cueros del tratamiento T2 (15%), con 2717,64 N/cm², pero son inferiores a los de (Rabasco, 2017), quien al realizar la evaluación de la resistencia a la tensión de las pieles ovinas curtidas con diferentes niveles de mimosa en combinación con 6% de sulfato de aluminio, estableció las mejores respuestas cuando se curtió las pieles con el 6% de extracto curtiente mimosa, con valores de 2081,63 N/cm²

3.1.2. Porcentaje de elongación

El análisis del porcentaje de elongación de las pieles caprinas determinó diferencias altamente significativas ($P > 0,01$), por efecto de la inclusión a la fórmula del curtido de diferentes niveles de oxazolidina en combinación con 4 % de sulfato de aluminio, estableciéndose las mejores respuestas cuando se curtió las pieles con el 7% de oxazolidina (T2) cuyas medias fueron de 86.88 %, las que disminuyeron a 68.12 % cuando se curtió las pieles con el 6% oxazolidina (T1) y las respuestas más bajas se reportaron con la adición de 8% de oxazolidina (T3) cuyas medias fueron de 52.81 % como se ilustra en la tabla 6-3.

Al reportarse diferencias estadísticas entre medias, se indica que existe influencia directa entre los niveles de oxazolidina adicionada en la curtición de pieles caprinas y el porcentaje de elongación, de acuerdo a los resultados obtenidos se afirma que al utilizar menor cantidad de oxazolidina se mejora la elongación de las pieles, siendo el 7% el nivel que alcanza mejores resultados a la presente prueba.

Lo que tiene su fundamento en lo expuesto por (Callejas, 2014, p. 34) quien menciona que la capacidad de la Oxazolidina E, como agente curtiente se basa en la formación de un intermedio de reacción debido a dos posibles mecanismos: la protonación del oxígeno de cada anillo en medio ácido, que debilita el enlace C-O o; la apertura de los anillos de oxazolidina, por hidrólisis en medio ácido, para proporcionar un intermedio con dos grupos N-(hidroximetilo) y el consiguiente ataque nucleofílico de esta especie intermedia a los grupos amino del colágeno, para permitir que las fibras desplace fácilmente en el entretejido y mejore su alargamiento.

Los productos orgánicos curtientes, entre los que se incluyen los taninos vegetales, gluteraldehído, oxazolidina, sales de fosfonio, sulfato de aluminio y las resinas de melamina,

muestran diferentes propiedades y capacidades de reacción con el colágeno. En función del tipo de radical orgánico, las pieles obtenidas alcanzan temperaturas de contracción de hasta 80-85°C lo que les confiere una estabilidad térmica adecuada que permiten mejorar la elasticidad del cuero para que se alargue y retorne su forma original sin deformaciones ideal para la fabricación de calzado, artículos de marroquinería, confección, etc. Sin embargo, en algunos casos las pieles pueden presentar un aspecto poco natural, escasa plenitud y flexibilidad, etc. como es el caso las sales de fosfonio y las resinas de melamina o implicar un mayor grado de contaminación de los efluentes residuales del proceso, como sucede con los taninos vegetales.

El valor de porcentaje de elongación en las pieles caprinas es sustentada por la norma IUP 6 (2002), de la (Asociación Española en la Industria del Cuero, 2017, p. 1), que establece que los las pieles curtidas deben cumplir con una exigencia de 40 a 80 % de elongación para considerarlos de muy buena calidad, como se aprecia en los resultados expuestos se cumple con esta normativa de calidad, al utilizar los diferentes niveles de oxazolidina en combinación con 4 % de sulfato de aluminio.

Los resultados de la presente investigación en cuanto al porcentaje de elongación que indican un promedio de 86.88 %, son superiores a los registrados por (Puente, 2016, p. 122), quien al evaluar una combinación de tara con 5 % de oxazolidina reporto una elongación de estableció los resultados más altos en el tratamiento T3 (18% de tara más 5 % de oxazolidina), con valores de 61,54 %, así como de (Rabasco, 2017, p. 67), quien estableció las mejores respuestas cuando se curtió las pieles caprinas con el 7 % de extracto de mimosa en combinación con 4 % de sulfato de aluminio con valores de 80,63%.

Así como de (Pilataxi, 2017, p. 78), quien menciona que los resultados alcanzados por el porcentaje de elongación de las pieles ovinas, registraron, por efecto de la inclusión en la fórmula de curtido de diferentes niveles de sulfato de aluminio en combinación con precurtiente resínico las mejores respuestas cuando se curtió con el 8% de sulfato de aluminio con valores de 81,07%. Los resultados expuestos en la presente investigación son superiores a los registrados por (Garcés, 2017, p. 64), quien obtuvo valores de elongación de 62,19% cuando curtió las pieles caprinas con el 5% de sulfato de aluminio

En el análisis de la regresión para el porcentaje de elongación que se ilustra en el grafico 5-3; se reportó una tendencia cuadrática altamente significativa ($P=0.0007$) entre las medias, es decir que partiendo de un intercepto igual a 1153.4 %, la elongación inicialmente asciende en 362.03 al aplicar 7 % de oxazolidina para posteriormente descender en 26.41 con la aplicación en el curtido de mayores niveles de oxazolidina.

Además se aprecia un coeficiente de determinación (R^2), de 49,77 % mientras tanto que el 50.23 % restante depende de otros factores no considerados en la presente investigación y que tienen que ver con posibles errores aleatorios al formular cada uno de los procesos de transformación de piel caprina curtida.

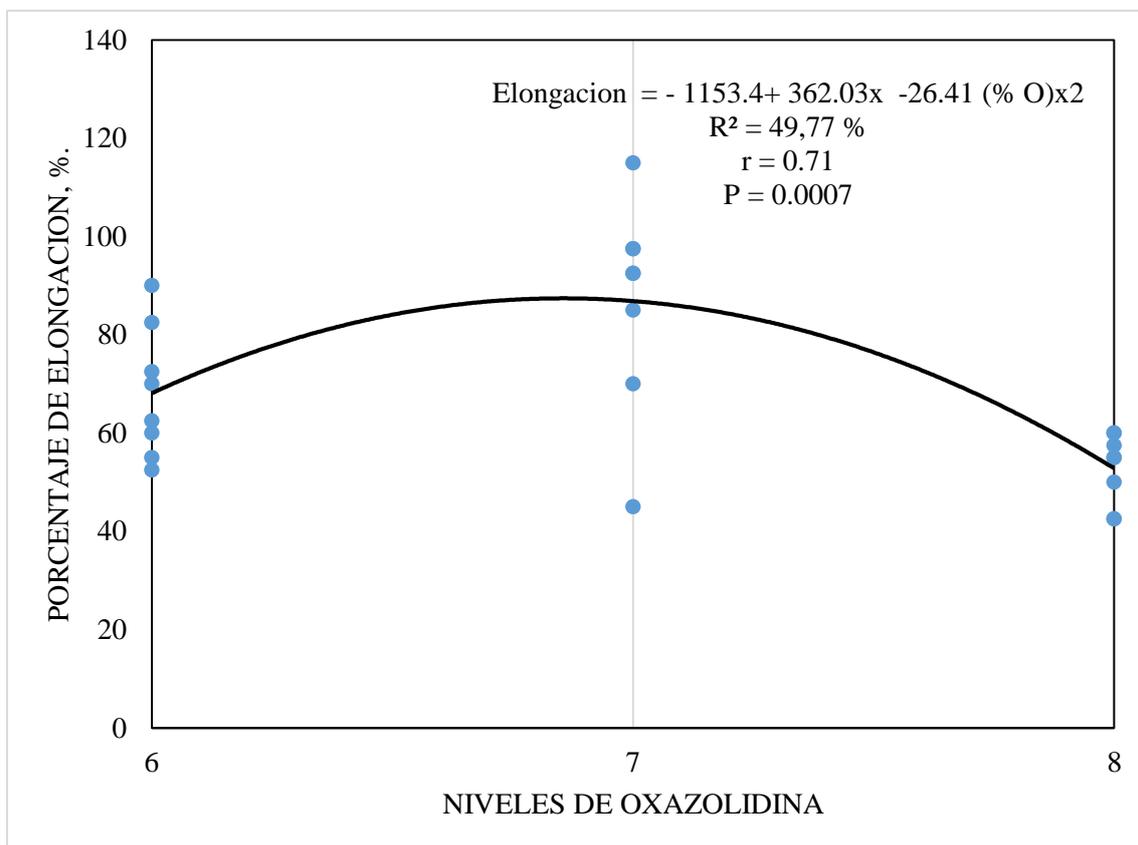


Gráfico 5-3: Regresión de las pieles caprinas del porcentaje de elongación de las pieles caprinas curtidas con diferentes niveles de oxazolidina en combinación con sulfato de aluminio para la elaboración de calzado.

Realizado por: Galarza, María 2019.

3.1.3. Lastometría

Los valores medios reportados por la variable paramétrica lastometría reportó diferencias no significativas ($P > 0.05$), entre medias por efecto de la aplicación de diferentes niveles de oxazolidina más el 4 % de sulfato de aluminio, registrándose los valores más altos en las pieles curtidas con el 6 %, de oxazolidina (T1), con un valor medio de 9.86 mm, a continuación se aprecian los resultados alcanzados en el lote de pieles caprinas curtidas con el 7 % de oxazolidina (T2), ya que las respuestas medias fueron de 9.83 mm; mientras tanto que la lastometría más baja fue la alcanzadas al curtir con 8 % de oxazolidina (T3), con una media de 9.79 mm.

Es decir que, al aplicar menores niveles de oxazolidina en el curtido de las pieles caprinas destinados a la confección de calzado se obtiene mayor lastometría o resistencia a la fricción entre las fibras de colágeno evitando que se debilite el cuero y se provoque la ruptura prematura. (Gráfico 6-3).

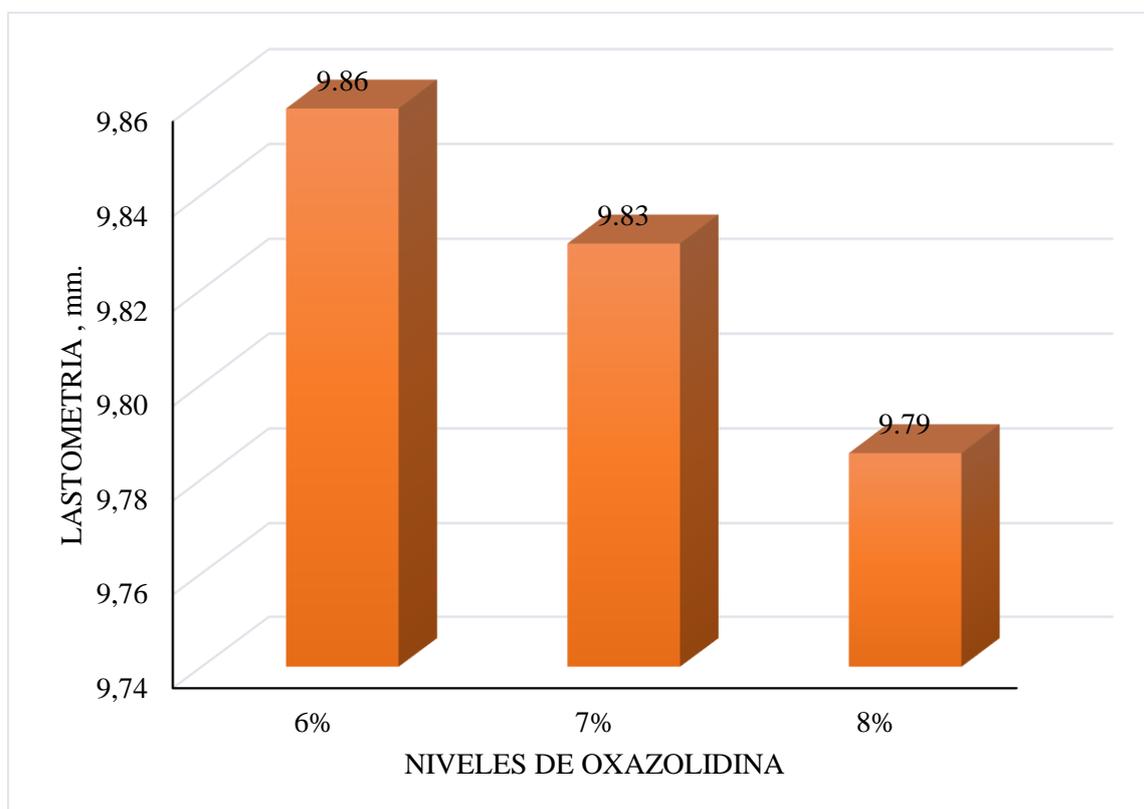


Gráfico 6-3: Lastometría de las pieles caprinas curtidas con diferentes niveles de oxazolidina en combinación con sulfato de aluminio para la elaboración de calzado.

Realizado por: Galarza, María 2019.

Lo que tiene su fundamento con lo expuesto por (Bacardit, 2004), quien manifiesta que el uso de la oxazolidina que es un compuesto orgánico aromático heterocíclico, se trata de un azol con un oxígeno y un nitrógeno separados por un carbono, en combinación con sulfato de aluminio Debido a que estos dos extractos curtientes combinados son más eficientes ya que en el seno de la reacción se dan las condiciones para provocar la curtición total de las pieles.

Además, tiene como principal ventaja obtener pieles curtidas con elevadas prestaciones sobre todo físicas como es la lastometría, al tiempo que se consigue evitar la presencia de metales tanto en los residuos líquidos como en los residuos sólidos derivados del proceso de curtición, dado que hasta la fecha no existe constancia de problemas derivados del uso de la oxazolidina.

De esta forma, se consigue reducir considerablemente el impacto ambiental generado durante el proceso de curtición de las pieles y también al final del ciclo de vida de las pieles, ya sea en forma de recortes de piel cuando se fabrican diferentes artículos o cuando se desechan los mismos después de su uso, y de esta manera se evita las presiones regulatorias que obligan a los curtidores a realizar mejoras continuas en las operaciones de sus procesos.

Las autoridades y los consumidores supervisan más de cerca la existencia de sustancias peligrosas, como conservantes, algunos colorantes azoicos y en particular el cromo [VI], presentes en el cuero y sus productos.

En función del tipo de materias primas de partida, es posible la formación de compuestos monocíclicos o bicíclicos por lo que es posible sintetizar una gran variedad de oxazolidina partiendo de diferente amino alcoholes. Las oxazolidinas tienen una gran variedad de aplicaciones industriales: inhibidores de la corrosión, emulsionantes, diluyentes, agentes curtientes, etc, al combinarse con sulfato de aluminio, permite la transformación adecuada del entretejido fibrilar la cual no debe ser drástica pues producirá el debilitamiento de las fibras y fibrillas que forman el colágeno con la consecuente pérdida de elasticidad, produciéndose un cuero muy rígido que al mínimo estiramiento se romperá. (Casa Química Bayer, 2007, p. 12).

Los datos alcanzados de lastometría de las pieles caprinas en la presente investigación cumplen con las exigencias de la (Asociación Española en la Industria del Cuero, 2017, p. 1), que en su norma técnica IUP 9 (2002), donde se menciona como exigencia de calidad del material para calzado que debe tener una lastometría mínima de 7.5 mm, lo que es cumplido a cabalidad en los tres tratamientos sobre todo en los que se aplicó el acabado de 6 % de oxazolidina más un porcentaje fijo de sulfato de aluminio que refuerza la curtición y sobre todo mantiene los colores claros del wet White.

La lastometría que en promedio registró valores de 9.86 mm son superiores al ser comparadas con los reportes de (Garcés, 2017, p. 87), quien registra en las pieles caprinas una lastometría media de 6,93 mm, cuando fueron curtidas con 8 % de sulfato de aluminio, pero son inferiores a las reportadas por (Rabasco, 2017, p. 74), quien en la evaluación de las medias obtenidas de la lastometría de las pieles ovinas estableció , las mejores respuestas cuando se curtió las pieles ovinas con el 6% de extracto de mimosa en combinación con 6 % de sulfato de aluminio con valores de 10,49 mm.

3.2. Evaluación de las calificaciones sensoriales de las pieles caprinas curtidas con diferentes niveles de oxazolidina en combinación con 4 % de sulfato de aluminio para la elaboración de calzado

3.2.1. Llenura

Se evaluó la llenura de las pieles caprinas por efecto de la adición de diferentes niveles de oxazolidina en combinación con 4 % de sulfato de aluminio, y se determinó diferencias altamente significativas ($P < 0.01^{**}$) entre medias, estableciéndose los mejores resultados al curtir las pieles con el 7% de oxazolidina (T2) cuyas medias fueron de 4.38 puntos, y calificación excelente según la escala de calificación propuesta por (Hidalgo, 2019, p. 1). A continuación, se reportaron las medias cuando se curtió las pieles con el 8% de oxazolidina (T3), con valores de 3.88 puntos, y calificación muy buena según la mencionada escala, las cuales disminuyeron a valores de 2.63 puntos y calificación buena cuando se curtió las pieles con el 6% de oxazolidina (T1) siendo la respuesta más baja, como se muestra en la tabla 7-3.

Tabla 7-3: Evaluación de las calificaciones sensoriales de las pieles caprinas curtidas con diferentes niveles de oxazolidina en combinación con sulfato de aluminio para la elaboración de calzado.

VARIABLES SENSORIALES	PORCENTAJE DE OXAZOLIDINA + 4			EE	Prob	Sign
	% de sulfato de aluminio					
	6 % T1	7% T2	8 % T3			
Llenura	2.625 b	4.375 a	3.88 a	0.23	6.43E-05	**
Blandura	2.38 c	4.75 a	3.75 b	0.2	2.18E-07	**
Redondez	2.25 b	4.5 a	3.625 b	0.26	1.947E-05	**

Realizado por: Galarza, María 2019.

Al obtenerse diferencias estadísticas entre los tratamientos, se indica que la llenura depende directamente del nivel de oxazolidina adicionado en la curtición, siendo una relación directamente proporcional ya que al aumentar los niveles de oxazolidina se aumenta la calificación de llenura de las pieles, obteniéndose con el 7% de oxazolidina una mayor llenura ideal para la confección de calzado, en el que existen ciertas piezas que deben ser firmes.

Lo que tiene su fundamento en lo expuesto por (Ángulo, 2007, p. 69), quien manifiesta que la curtición vegetal en principio da más relleno que la curtición al cromo por tener cantidades

importantes de taninos que se encuentran rodeando las fibras de colágeno, lo cual implica algo más de grosor. Además, estos productos no son muy aplastables en las prensas máquinas de escurrir, repasar por lo que se conservan bastante el grosor frente a los citados efectos mecánicos.

Como contrapartida la piel no es esponjosa y por ello un grosor aparente por efecto de esponjamiento no es fácil que se dé. En relación a la superficie de la piel la curtición con extractos vegetales, al llenar más entre fibras, tiene tendencia a que estas se pongan más verticales en relación a la superficie de la piel, que es mayor cuanto más astringente sea el curtiente empleado (generalmente al final de la curtición) y por ello reducir algo el área de la misma, pero teniendo en cuenta que al no ser elásticas las pieles, las dimensiones que se les intenta dar mecánicamente.

El curtiente oxazolidina tiene la particularidad de no ser muy aplastables en las prensas máquinas de escurrir, repasar por lo que conservan bastante el grosor frente a los citados efectos mecánicos. También es determinante en el carácter curtiente de la piel el tamaño molecular del sintético. Si es demasiado pequeño, no se establecen enlaces transversales entre cadenas de colágeno y, si es demasiado grande, hay impedimentos estéricos y no puede penetrar, produciendo cueros demasiado fofos o vacías.

El rol del cuero se caracteriza y fundamenta en base a sus ventajas funcionales dada su alta resistencia a la tracción y abrasión, y sobre todo su belleza visual. Para aumentar la llenura del cuero sin aumentar excesivamente su plenitud, interesa intentar la disminución de la distancia entre las fibras, sin aumentar en lo posible su espesor.

Los ensayos de demostración de las ventajas medioambientales del proceso de curtición con Oxazolidina se han realizado con diferentes tipos de pieles (bovino y cordero) fueron curtidas empleando Oxazolidina en combinación con curtientes vegetales o sintéticos. En todos los ensayos, las pieles obtenidas mostraron un aspecto “agradable, buenas resistencias físicas y una adecuada suavidad, blandura, plenitud y flexibilidad.

Los resultados obtenidos en la presente investigación son superiores a los que reporta (Garcés, 2017, p. 79), quien obtuvo medias de 3.25 puntos cuando curtió las pieles ovinas con el 5% de sulfato de aluminio debido a que la oxazolidina combinada con sulfato de aluminio que son los que generan las reacciones de transformación e incrementan el hinchamiento de las pieles así como también los factores que se presentaron en la línea de flujo del proceso.

Así como de (Pilataxi, 2017, p. 69), quien registró que en la evaluación de la característica llenura se establecieron las mejores respuestas cuando se curtió las pieles ovinas con el 9% de sulfato de aluminio (T3) con medias de 4,71 puntos, y calificación excelente, así como de (Martinez, 2015, p.

66), quien reportó para la ponderación de llenura respuestas de 4,50 puntos y calificación excelente cuando realizó la curtición de pieles caprinas con el 8% de sulfato de aluminio en combinación con Granofin F 90.

El análisis de regresión que se ilustra en el gráfico 7-3, determinó que los datos se ajustan hacia una tendencia cuadrática altamente significativa ($P < 0,01^{**}$), es decir que, la calificación de llenura inicialmente en 16.375 al incluirse en la fórmula de curtido 7 % de oxazolidina para posteriormente descender en 1.125 al elevar el nivel de curtiente (8%), además se aprecia que existe un coeficiente de determinación (R^2), del 60,12%.

Mientras tanto que el 39,88 % restante depende de otros factores no considerados en la presente investigación y que tienen que ver con la precisión en el pesado y dosificación de los diferentes niveles de oxazolidina; la ecuación de la regresión cuadrática fue: $Llenura = - 55.13 + 16.375x - 1.125x^2$.

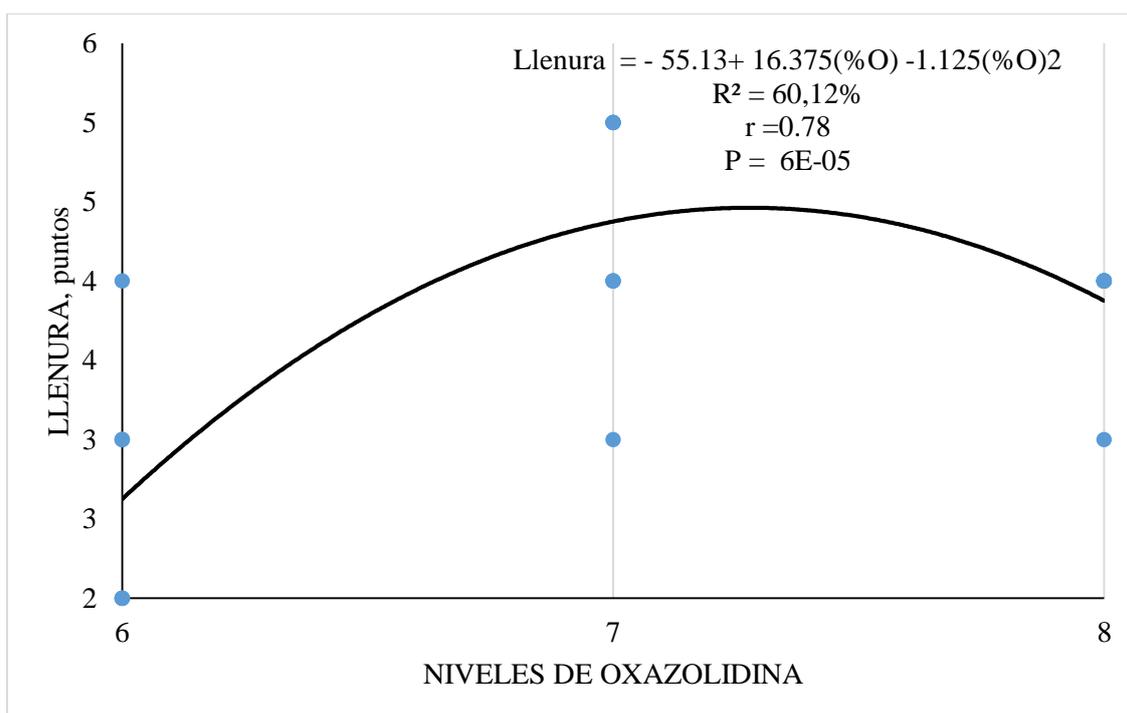


Gráfico 7-3: Regresión de la llenura de las pieles caprinas curtidas con diferentes niveles de oxazolidina en combinación con sulfato de aluminio para la elaboración de calzado.

Realizado por: Galarza, María 2019.

3.2.2. *Blandura*

La blandura del cuero permite establecer si todo el plano de la piel se encuentra con la misma suavidad y no presenta vacíos a lo largo del entramado fibrilar que son producidos por los defectos de la piel o de los procesos de curtición, se estudió efecto de la blandura y los diferentes niveles de oxazolidina adicionados en la curtición, reportándose diferencias altamente significativas ($P < 0.01^{**}$) entre medias, según el criterio Kruskal Wallis.

Las mejores respuestas se reportaron cuando se curtió las pieles caprinas con el 7% de oxazolidina (T2) cuyas medias fueron 4.75 puntos y condición excelente según la escala propuesta por (Hidalgo, 2019, p. 1), a continuación se aprecian los resultados cuando se curtió las pieles con el 8% de oxazolidina (T2) con respuestas medias de 3.75 puntos y calificación muy buena según la mencionada escala en tanto que las respuestas más bajas se consiguieron cuando se curtió con 6% de oxazolidina (T1) con medias de 2.38 puntos y calificación buena .

De acuerdo a los valores obtenidos se afirma que la blandura depende del nivel de oxazolidina adicionada en la curtición, un escaso o excesiva cantidad de oxazolidina generan reacciones de curtición que no favorecen a la blandura obteniéndose mejores resultados en su blandura al curtir con 7% oxazolidina en la presente investigación.

Lo que tiene su fundamento en lo expuesto por (Cordero, 2011, p. 16), quien manifiesta que el cuero y su acabado deben poseer una alta flexibilidad suavidad caída y blandura para prevenir la aparición de fisuras y roturas en la zona de flexión del calzado, en el curtido con oxazolidina se consigue alcanzar una suficiente adherencia del acabado para evitar su desprendimiento con el uso del calzado,

La principal ventaja que presenta la curtición con oxazolidina es que permite obtener pieles curtidas con elevadas prestaciones, al tiempo que se consigue evitar la presencia de metales tanto en los residuos líquidos como en los residuos sólidos derivados del proceso de curtición, dado que hasta la fecha no existe constancia de problemas derivados del uso de la oxazolidina.

Las pieles curtidas con sales de cromo presentan una elevada estabilidad, que viene determinada por una temperatura de contracción (T_g) superior a 100°C , mientras que las pieles curtidas sólo con Oxazolidina alcanzan temperaturas de contracción por debajo de 75°C . Por ello, es necesario combinar la curtición con Oxazolidina con curtientes minerales como es el sulfato de aluminio o curtientes sintéticos para alcanzar mayores temperaturas de contracción y obtener pieles de

calidad comparable a las pieles curtidas con cromo es decir con una blandura y caída ideal para la confección de calzado.

(Garcés, 2017, p. 38), al valorar la blandura de los cueros caprinos se reportó diferencias altamente significativas ($P < 0.01^{**}$), según el criterio Kuskall Wallis, por efecto de la aplicación de diferentes curtientes, valores de 3,50 puntos y calificación buena en el lote de pieles caprinas curtidas con 4 % de sulfato de aluminio, así como (Rabasco, 2017, p. 77), al realizar la valoración sensorial de blandura de las pieles ovinas reportó que al curtir con el 6% de mimosa más 6 % de sulfato de aluminio se reportaron medias de 4,75 puntos, y calificación excelente.

El análisis de la regresión que se muestra en el gráfico 8-3, indican que los datos reportaron una tendencia cuadrática altamente significativa, en donde partiendo de un intercepto de 82.75 puntos se incrementaron en 24.31 puntos adicionado en la curtición 7 % de oxazolidina y posteriormente las medias disminuyeron en 1.69 puntos por nivel cuadrático adicionado de oxazolidina, la curva reportó un coeficiente de determinación igual a 77%.

En tanto que el 23 % restante donde de otros factores no considerados en la investigación, como son la precisión de los elementos que ingresan en cada formula de transformación de piel en cuero así como la precisión en la manipulación de los equipos que intervienen en los procesos; la ecuación que se obtuvo para la blandura de las pieles caprinas fue: $Blandura = - 82.75 + 24.31(\%O) - 1.69(\%O)^2$

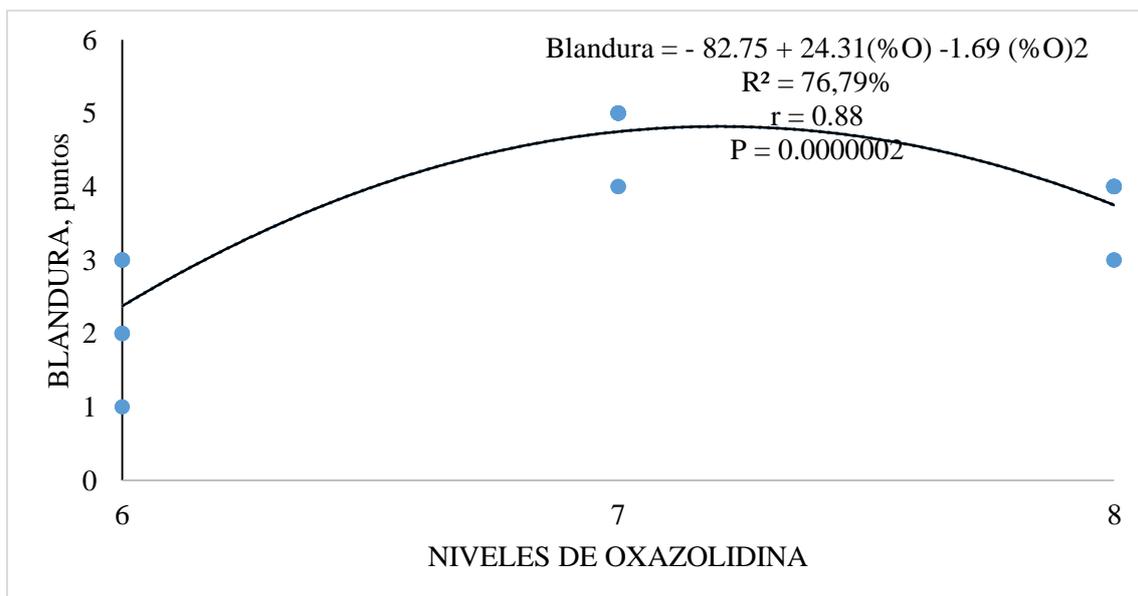


Gráfico 8-3: Regresión de la blandura de las pieles caprinas curtidas con diferentes niveles de oxazolidina en combinación con sulfato de aluminio para la elaboración de calzado.

Realizado por: Galarza, María 2019.

3.2.3. *Redondez*

El análisis estadístico de los valores medios reportados de la redondez del cuero caprino reportaron diferencias altamente significativas ($P < 0,01$), según el criterio Kruskal Wallis, por efecto de la utilización de diferentes niveles de oxazolidina en combinación con 4 % de sulfato de aluminio, estableciéndose las respuestas más altas al utilizar 7 % de oxazolidina (T2) ya que, los resultados fueron de 4.50 puntos, como se muestra en la tabla 7-3, y calificación excelente de acuerdo a la escala propuesta por (Hidalgo, 2019, p. 1).

A continuación se apreció los resultados alcanzados en el lote de cueros curtidos con 8 % de oxazolidina (T3), ya que la respuesta fue de 3.63 puntos y calificación muy buena; mientras tanto que, la calificación de redondez más baja se apreció en los cueros curtidos con 6 % de oxazolidina con ponderaciones de 2.25 puntos y condición buena según la mencionada escala; es decir que, la opción adecuada para conseguir cueros caprinos que sean moldeables, con un buen arqueado o curvatura se consigue al utilizar mayores niveles de oxazolidina en combinación con 4 % de sulfato de aluminio.

Es decir que al utilizar el 7 % de oxazolidina se consigue llenar adecuadamente los espacios interfibrilares del colágeno para que el cuero no se presente flácido sino compacto sin perder su elasticidad.

Lo que es corroborado con lo que menciona (QuimiNet, 2012, p. 13) , quienes reportan que las oxazolidinas comercializadas para su uso como agentes curtientes son compuestos solubles en agua y compatibles con los productos empleados en las operaciones de curtición, Como agente curtiente, la oxazolidina E reacciona de forma irreversible con el colágeno de la piel a un pH del orden de 4,0 con una velocidad de reacción controlada por las condiciones de operación: dosificación, temperatura, etc, logrando ingresar en cada uno de los espacios interfibrilares de manera que el cuero pueda ser moldeado de la manera que se quiera es decir que presente una redondez precisa para doblarlo y que no se deforme.

Cuando se efectúa una curtición combinada sulfato de aluminio con oxazolidina se consigue aprovechar las bondades de estos dos curtientes y conseguir un cuero con una mejor redondez debido a que las sales de aluminio poseen una afinidad mayor que el cromo por el cuero a niveles menores de pH. 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, para producir un cuero con una temperatura de contracción de ebullición plena.

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.

La calidad de las pieles curtidas con oxazolidina se ha comprobado mediante la fabricación de diferentes artículos de piel. En todos los caso, el proceso de fabricación se realiza de la manera habitual y no se observan diferencias en los procesos o en el aspecto final de los artículos producidos respecto a artículos realizados con pieles de curtición mineral, sobre todo en lo referente a la evaluación sensorial especialmente su redondez que es muy importante sobre todo el momento de jugar un cuero ya que al realizar dobleces repetidos no se romperá adoptando la forma del artículo que se confecciona y retomando su forma original sin quedar rasgos de las arrugas formadas. (Guardino, 2016)

Los resultados de la presente investigación que indican un promedio de 4.50 puntos son superiores al ser comparados con lo que expresa (Garcés, 2017, p. 71), quien menciona que en el análisis estadístico de redondez del cuero caprino se reportaron diferencias altamente significativas ($P < 0,01$), según el criterio Kruskal Wallis, por efecto de la utilización de diferentes curtientes, estableciéndose las respuestas más altas al utilizar el curtiente sintético con 4,50 puntos y calificación excelente y la redondez más baja se aprecia en los cueros curtidos al aluminio con ponderaciones de 3,88 puntos y condición buena.

Es decir que la oxazolidina potencia la curtición con aluminio para que el cuero se presente con una llenura ideal para la confección de calzado.

Al realizar el análisis de regresión para la calificación de redondez se determinó que los datos se ajustan a una tendencia cuadrática altamente significativa ($P < 0.00001$), de donde se desprende que partiendo de un intercepto de 76.88 la calificación de redondez se eleva en 1.56 por cada unidad de cambio cuadrático en el nivel de la curtiente oxazolidina.

Además, se aprecia un coeficiente de determinación $R^2 = 64.41\%$ mientras tanto que el 35.59 % restante depende de otros factores no considerados en la presente investigación y que tienen que ver con la capacidad que presenta la piel para receptor los productos no solamente del curtido sino también desde el remojo hasta el acabado puesto que de ello depende la elasticidad adquirida o lo contrario su rigidez. (Puente, 2016), en el análisis estadístico de los valores medios reportados

de la redondez del cuero bovino reportaron por efecto de la utilización de diferentes niveles de tara en combinación con 5% de oxazolidina, las respuestas más altas al utilizar 12% de tara (T1) ya que, los resultados fueron de 4,70 puntos. (Gráfico 9-3).

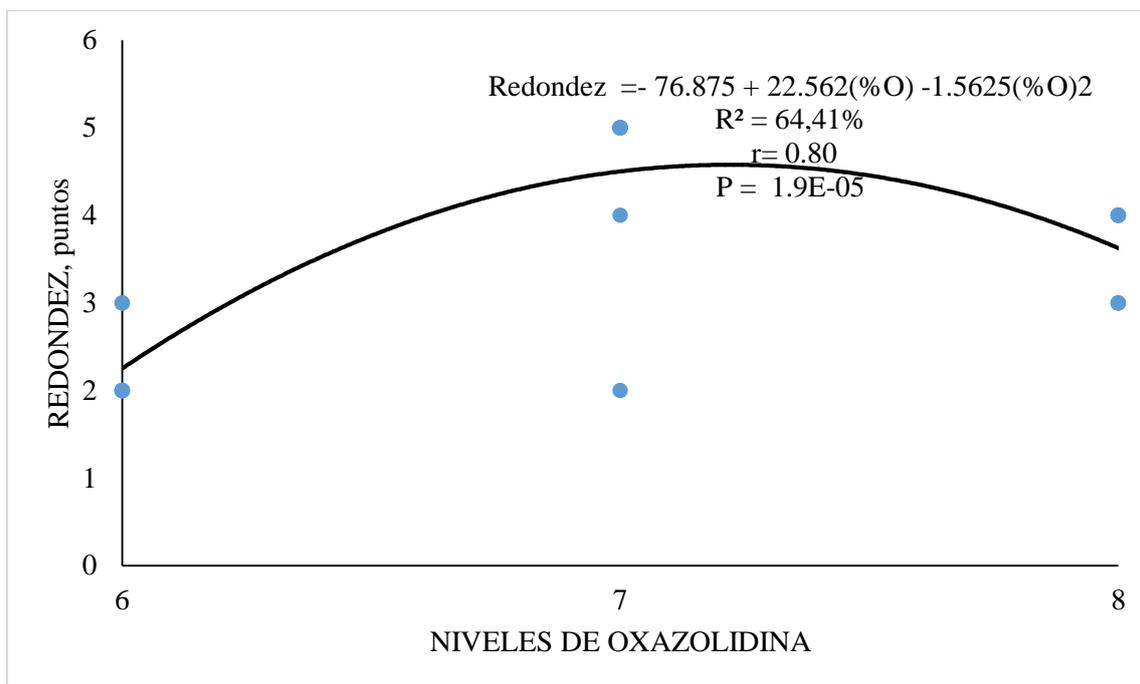


Gráfico 9-3: Regresión de la redondez de las pieles caprinas curtidas con diferentes niveles de oxazolidina en combinación con sulfato de aluminio para la elaboración de calzado.

Realizado por: Galarza, María 2019.

3.3. Análisis de correlación entre variables de las pieles caprinas curtidas con diferentes niveles de oxazolidina en combinación con sulfato de aluminio para la elaboración de calzado

Al relacionar las variables tanto físicas como sensoriales del cuero caprino curtido con diferentes niveles de oxazolidina mas un porcentaje fijo de sulfato de aluminio, para la confección de calzado se utilizó la matriz correlacional de Pearson donde se identificaron los siguientes resultados que se describen en la tabla 8-3.

La correlación existente entre la resistencia a la tensión y los diferentes niveles de curtiente oxazolidina mas 4 % de sulfato de aluminio idenfítica una relación negativa baja ($r = -0,64$), es decir, que al incrementar los niveles de oxazolidina en el curtido de las pieles caprinas también incrementa la resistencia a la tensión del cuero para la confección de calzado en forma altamente significativa, ($P < 0,01$).

Al evaluar la correlación existente entre el porcentaje de elongación y los diferentes niveles de curtiente oxazolidina más 4 % de sulfato de aluminio, identificó una correlación negativa media ($r = -0,32$) es decir que con el incremento del nivel de curtiente oxazolidina más 4 % de sulfato de aluminio existirá una elevación en el porcentaje de elongación del cuero en forma altamente significativa ($P < 001$).

Tabla 8-3: Análisis de correlación entre variables de las pieles caprinas curtidas con diferentes niveles de oxazolidina en combinación con sulfato de aluminio para la elaboración de calzado

	Niveles	Resistencia a la tensión	Porcentaje de elongación	Lastometría	llenura	blandura	redondez
Niveles	1		*	**			
Resistencia a la tensión	-0.64	1		1	*	**	**
Porcentaje de elongación	-0.32	0.55	1	**	**		**
Lastometría	-0.14	1.20E-03	-0.05	1	**	**	**
Llenura	0.54	-0.23	0.02	-0.14	1		
Blandura	0.51	0.09	0.34	-0.18	0.74	1	
Redondez	0.49	-0.04	0.13	-0.06	0.69	0.78	1

Realizado por: Galarza, María 2019.

La característica física de lastometría de los cueros caprinos identifica una correlación positiva alta ($r = -0,14$), es decir que al elevarse los niveles de curtiente oxazolidina más 4 % de sulfato de aluminio existirá un descenso en la lastometría del cuero caprino destinado a la confección del calzado en forma altamente significativa ($P < 0,01$).

La relación registrada por la calificación sensorial de llenura del cuero caprino identificó una correlación positiva alta ($r = 0,54$), es decir, que al incrementar el nivel de curtiente oxazolidina más 4 % de sulfato de aluminio de los cueros caprinos reportan una disminución en la calificación de la llenura de los cueros destinados a la confección de calzado en forma altamente significativa ($P < 0,01$).

La correlación que se observa entre la calificación sensorial de blandura y los diferentes niveles de oxazolidina registró una relación positiva alta ($r = 0,51$), es decir que al incrementarse los niveles de oxazolidina más 4 % de sulfato de aluminio del cuero destinado a la confección de calzado existirá una disminución de la calificación de tacto en forma altamente significativa ($P < 0,01$).

Finalmente al relacionar la calificación sensorial de redondez se identificó una correlación positiva alta ($r = 0,49$), es decir que con el incremento de los niveles de oxazolidina en el curtido del cuero caprino para la confección de calzado existirá una elevación en la calificación de redondez, en forma altamente significativa, ($P < 001$).

3.4. Evaluación económica de las pieles caprinas curtidas con diferentes niveles de oxazolidina en combinación con sulfato de aluminio para la elaboración de calzado

La producción de cueros caprinos curtidos con diferentes niveles de oxazolidina en combinación con 4 % de sulfato de aluminio, reportó egresos por la compra de pieles caprinas, productos químicos para cada uno de los procesos, alquiler de maquinaria, confección de artículos entre otros de 156,05 dólares americanos para el tratamiento en el que se utilizó 6 % oxazolidina (T1), en tanto que al curtir las pieles caprinas con 7 % de oxazolidina los costos fueron de 150,34 dólares, mientras tanto que al utilizar 8 % de oxazolidina (T3) se utilizó 154,51 dólares.

Como ingresos resultantes de la venta de artículos confeccionados y excedente de cuero caprino destinado a la confección de calzado se registra valores de 187,02; 214,15 y 205,31 dólares americanos para el tratamiento T1 (6 %); T2 (7 %) y finalmente T3 (8 %), en su orden.

Con las respuestas expresadas de la evaluación económica se determinó que la mayor ganancia fue alcanzada en el lote de cueros curtidos del tratamiento T2 (7 %), ya que la relación beneficio costo fue de 1,42 es decir que por cada dólar invertido se espera una rentabilidad del 42 %; a continuación se evidencia la utilidad generada en los cueros del tratamiento T3 (8 %), con valores de 1,33 o lo que es lo mismo decir que por dólar invertido se espera una ganancia del 33 % mientras tanto que la menor rentabilidad fue registrada en los cueros caprinos del tratamiento (T2), con una relación beneficio costo de 1,20 es decir una utilidad del 20%.

La curtición con oxazolidina resulta económicamente rentable puesto que se consigue márgenes de utilidad bastante aceptables que fluctúan entre el 33 al 42 % que al ser comparados con las condiciones de vida de nuestro país se convierten en una ancla de salvación para las personas afines al mundo del cuero y mucho más para las que quieren incursionar en una actividad que a más de ser poco riesgosa requiere de un capital de inicio bajo y una tasa de recuperación.

Respecto al impacto ambiental, se afirma que con la aplicación de esta tecnología se consigue Pieles curtidas, residuos de piel, productos de piel y efluentes del proceso de curtición exentos de

metales. Por lo tanto, las pieles más biodegradables, con aspecto y propiedades adecuadas para la fabricación de calzado y otros artículos de piel.

Tabla 9-3: Evaluación económica

CONCEPTO	NIVELES DE OXAZOLIDINA MÁS 4 % DE SULFATO DE ALUMINIO		
	6%	7%	8%
	T1	T2	T3
Compra de pieles de cabra	8	8	8
Costo por piel de cabra (\$)	5	5	5
Valor de pieles de cabra (\$)	40	40	40
Productos para el remojo (\$)	0.82	0.7	0.89
Productos para el pelambre (\$)	1.75	1.55	1.83
Productos para el desencalado (\$)	0.76	0.56	0.74
Productos para el piquelado (\$)	2.63	1.93	2.60
Productos para el desengrase (\$)	1.83	1.34	1.80
Productos para el curtido (\$)	8.19	6.64	8.09
Productos para el remojo acabado H. (\$)	0.11	0.06	0.08
Productos para el recurtido cationico (\$)	1.38	0.90	1.00
Productos para el neutralizado (\$)	1.19	0.66	0.86
Productos para el teñido (\$)	7.92	7.5	5.72
Productos para engrase (\$)	6.42	6.00	6.00
Productos para acabado (\$)	8.55	8.00	8.00
Alquiler de Maquinaria (\$)	9.23	9.23	9.23
Transporte (\$)	5.67	5.67	8.07
Materiales (\$)	9.6	9.60	9.60
Confección de artículos (\$)	50	50	50
TOTAL DE EGRESOS	156.05	150.34	154.51
INGRESOS			
Total de cuero producido en dólares	56.50	52.40	54.50
Cuero producido pie 2	2.35	2.75	2.43
Cuero utilizado en confección de calzado (pie 2)	2.4	2.8	2.5
Excedente de cuero	47	44	52
PVP Pie cuadrado	2.70	3.16	2.79
Venta de excedente de cuero	127.02	139.15	145.31
Venta de artículos confeccionados	60.00	75.00	60.00
Total De Ingresos	187.02	214.15	205.31
Relación Beneficio Costo	1.20	1.42	1.33

Realizado por: Galarza, María 2019.

CONCLUSIONES

- Al utilizar en la curtición de pieles caprinas del ecotipo criollo, 7 % de Oxazolidina, en combinación con 4 % de sulfato de aluminio, se consigue producir cuero para calzado de dama de elevada calidad, sobre todo con etiqueta verde puesto que son exentos de cromo.
- La curtición de pieles caprinas con 7 % de Oxazolidina, (y 8%) en combinación con 4% de sulfato de aluminio, permite elevar las resistencias físicas de tensión (2274.75 N/cm²) y porcentaje de elongación (86.88 %), mientras tanto que la mayor lastimetría fue determinada al curtir con 6 % de oxazolidina, estableciéndose que lo resultados cumplen con las diferentes normas de calidad de los órganos reguladores del cuero.
- Las mayores calificaciones sensoriales de llenura (4.38 puntos), blandura (4.75 puntos) y redondez (4.5 puntos), se consiguen al curtir con 7 % de oxazolidina más 4 % de sulfato de aluminio, puesto que demuestran mayor referencia del confeccionista y usuario.
- Los costos de producción del cuero curtido con oxazolidina, fueron en promedio de 2,51 dólares americanos por lo tanto la relación beneficio costo más alta se consigue al curtir con 7 % de oxazolidina (T2), puesto que la relación beneficio costo es de 1.42, es decir que por cada dólar invertido se espera una rentabilidad de 42 centavos, representando el 42 % de rentabilidad, que es alentadora al ser comparada con las utilidades generadas por actividades similares.

RECOMENDACIONES

De acuerdo a las conclusiones expuestas se derivan las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda curtir pieles caprinas con 7 % de oxazolidina (T2), puesto que se consigue cueros con elevada resistencia y con una belleza de grano insuperable que mejoran la aceptación por arte de los consumidores.
- Es conveniente realizar curtición de pieles caprinas que sean más respetuosas con el medio ambiente y exentas de metales mediante oxazolidina en sustitución de las sales básicas de cromo trivalente empleadas habitualmente, para disminuir la carga contaminante de los residuos industriales de las tenerías.
- Utilizar oxazolidina en la curtición de otras especies de interés zootécnico para validar los resultados descritos y suplir la necesidad de pieles tradicionales como es la bovina que en ciertas épocas del año se vuelven escasas y costosas.
- Para obtener rentabilidad económica en la producción de cuero y una recuperación de capital más rápida es aconsejable curtir con 7 % de oxazolidina puesto que se consigue una mayor ganancia por dólar invertido.

BIBLIOGRAFÍA

1. **ABRAHAM, Aninston.** *Caprinocultura I.* 2a. ed. México D.F, México. Limusa. 2011. pp 45 -59.
2. **ADZET, Josue.** *Química Técnica de Tenería.* 1a. ed. Igualada, Barcelona - España. Romanya-Valls. 2005. pp 89 - 96
3. **ÁLVAREZ, Cesar.** Taninos. *Revista de Química*, Vol 1. N° 6, Barcelona - España 1992. Locatel pp 43 - 63.
4. **ÁNGULO, Angel .** *Guía Empresarial Del Medio Ambiente, Comisi Relocalización Y Reconversión De La Pequeña Y Mediana Empresa.* 1a. ed. Barcelona - España: Regulit. 2007. pp 58 - 62
5. **BACARDIT, Anna..** *Química Técnica del Cuero.* 2a. ed. Cataluña, España. Couso. 2004. pp 48 - 63.
6. **ECUADOR CASA QUIMICA COMERCIAL BAYER.** *Curtir, teñir, acabar.* 1a. ed. Munich, Alemania.: Bayer. 2007. pp 2 - 3.
7. **BUHIER, Wilfrido.** *Diferentes tipos de desengrasantes de las pieles.* [En línea]. 2011. [Consultado: 12 Mayo 2019].
<https://cuandonosequehacer.com/project/herramientas-para-trabajar-el-cuero/>.
8. **CALLEJAS, Lisandro.** Propuesta de Mejoramiento de la Productividad de la Curtiduría Tungurahua S.A. Ubicada en la ciudad de Ambato. Ambato - Ecuador. 2014. pp 52 - 59.
9. **CASTRO, Nestor.** Comparación de tres métodos para determinar el porcentaje de taninos con el método de la norma ASTM D6401 aplicado para la (tara), (quinual), (mimosa) y (pino). *Revista de la Sociedad Química del Perú*, p 79.

[Consultado 13 de Abril de 2019].
http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2013000400009.

10. **CORDERO, Boris.** *Tecnología de la Curtición.* 1a. ed. Cuenca - Ecuador: Cámara Ecuatoriana del libro. 2011 pp 12 - 15.
11. **ESPAÑA, Asociación Española en la Industrias del Cuero y Textil.** Normas de calidad del cuero y los tejidos. Barcelona - España. Ciatec, 2014. pp 13 - 22.
12. **ESPINOZA, Patricio.** *Tintura y acabados de las pieles ovinas en la industria curtiembre.* [En línea] 2015.
[Consultado: 15 de Febrero de 2019]
<https://www.gamuza.com>.
13. **FLORES, Filiberto.** *El tipo de productos desengrasantes.* [En línea] 2008.
[Consultado: 22 de Junio de 2019].
<https://es.slideshare.net/ffloresga/grasas-y-aceites>.
14. **FRANKEL, Alvaro.** *Manual de Tecnología del Cuero.* 1a ed. Buenos Aires - Argentina: Albatros. 2016. pp 15 - 56.
15. **GARCÉS, Silvia.** Comparación De Diferentes Tipos De Curtientes Para El Curtido De Pieles Caprinas”. (tesis) (ingeniería). *Trabajo de titulación Previo A La Obtención Del Título De Ingeniera en Industrias Pecuarias.* Escuela Superior Politecnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias Pecuarias, Escuela de ingeniería en Industrias Pecuarias, Riobamba - Ecuador. 2017. pp 20 - 63.
16. **GUARDINO, Patrick.** Sistema de Registro Reach. *Instituto Nacional de cuidado del medio ambiente,* 2016. pp 145 - 148.

17. **HIDALGO, Luis.** *Texto básico de Curtición de pieles.* 1a. ed. Riobamba - Ecuador: ESPOCH. 2004. pp 89 - 93.
18. **HIDALGO, Luis.** Escala de califiacion para la Curtición de pieles caprinas (*Capra hircus*), con diferentes niveles de oxazolidina, en combinación con sulfato de aluminio para la elaboración de calzado de dama. *Escala de calificacion de los cueros caprino.* Riobamba - Ecuador: ESPOCH. pp 54 - 66.
19. **ESPANA, INESCOP.** *Piel Respetuosa con el Medio Ambiente Curtida con Oxazolidina.* Alicante: Centro de tecnología e innovación -INESCOP INESCOP. 2011 pp 45 - 55.
20. **JONES, Cesar.** *Manual de Curtición Vegetal.* 1a. ed. Buenos Aires - Argentina: Lemin. 2002. pp 65 - 69.
21. **LACERCA, Manuel.** *Curtición de Cueros y Pieles.* 1a ed. Buenos Aires - Argentina: Limusa. 2003. pp 17 - 33.
22. **LIBREROS, Joseph.** *Manual de Tecnología del cuero.* 1a. ed. Igualada, Barcelona - España: Euetii. 2003. pp 50 - 72.
23. **LUCAS, Jarfenir.** *La conservación de la piel.* 2017. [En línea] 2015. [Consultado: 12 de Marzo de 2019]. [ttp://indigoquimica.net/pdf/biblioteca/enciclopedia/Capitulo_02_Conservacion_de_la_piel.pdf](http://indigoquimica.net/pdf/biblioteca/enciclopedia/Capitulo_02_Conservacion_de_la_piel.pdf).
24. **LULTCS, Wilfrido.** *IX Conferencia de la Industria del Cuero.* 1a ed. Barcelona - España: Separata Técnica. 2003. pp 71 - 79.
25. **MARTINEZ, Liliam.** Aplicación De Una Curtición Combinada Con Granofin F 90, Y Tres Diferentes Niveles De Sulfato De Aluminio En Pielas Ovinas. (tesis) (ingeniería)

Trabajo de titulación para obtener el título de Ingeniera en Industrias Pecuarias. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias Pecuarias, Escuela de Ingeniería en Industrias Pecuarias, Riobamba - Ecuador. 2015. pp 38 - 63

26. **MORERA, Julian.** *Química Técnica de Curtición.* 2a. ed. Igualada, Barcelona - España: Escuela Superior de Adobería. Ceti. 2007. pp 71 - 82
27. **PALOMAS, Sulian.** *Química técnica de la tenería.* 1a. ed. Igualada, Barcelona - España: Ceti. 2005. pp 58 - 62.
28. **PARRA, Roberto.** Obtención De Cuero Wet White Con La Utilización De Diferentes Niveles De Sulfato De Aluminio Para La Elaboración De Calzado Ortopédico. (tesis) (ingeniería). *Trabajo de Titulación para obtener el título de Ingeniero Zootecnista.* Escuela Superior Politécnica del Chimborazo Facultad de Ciencias Pecuarias, Escuela de Ingeniería Zootécnica, Riobamba - Ecuador. 2012. pp 66 - 70.
29. **PEREIRA, Mathilda.** *Curtiembre procesos, productos y resultados.* [En línea] 2017. [Consultado: 12 Mayo 2019].
<https://www.academia.edu/32230556/CURTIEMBRES>
30. **PILATAXI, Andres.** Utilización de precurtiente resínico en combinación con diferentes niveles de sulfato de aluminio para la curtición de pieles ovinas en la obtención de cuero para calzado. (tesis) (ingeniería). *Tesis de grado para obtener el título de Ingeniera en Industrias Pecuarias.* Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, Facultad de Ciencias Pecuarias, Escuela de Ingeniera en Industrias Pecuarias, Riobamba - Ecuador. 2017. pp 47 - 53.
31. **PORCEL, Knnap.** *Curticiones de pieles.* [En línea]. [Consultado el 15 de junio de 2019].
https://www.academia.edu/10115866/CURTIDO_DE_PIELES_INTRODUCCI%C3%93N

32. **PUENTE, Cesar.** Aplicación de un proceso de curtido de pieles bovinas sin cromo utilizando oxazolidina en combinación con *Caelsalpinia spinosa* (tara). (tesis) (doctoral). *Tesis para optar el grado Doctoral*. Universidad Nacional Mayor De San Marcos, Facultad De Ingeniería Industrial, Unidad De Postgrado, Lima - Perú. 2016. pp
33. **ESPAÑA QuimiNet.** *Usos y aplicaciones del extracto de la mimosa*. [En línea] 2015. [Consultado: 06 de Mayo de 2019].
<https://www.quiminet.com/articulos/usos-y-aplicaciones-del-extracto-de-la-mimosa-2784737.htm>.
34. **RABANAL, Espartac.** *Procesos de ribera de los cueros caprinos, el descarnado y desencalado*. [En línea] 2011. [Consultado: 6 de Abril de 2019].
<https://es.scribd.com/document/334759860/Calero>.
35. **RABASCO, Edwin.** Curtición de pieles ovinas utilizando tres niveles de mimosa en combinación con 6% de sulfato de aluminio. (tesis) (ingeniería). *Trabajo de titulación para optar el grado de Ingeniero en Industrias Pecuarias*. Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, Facultad de Ciencias Pecuarias, Escuela de ingeniería en Industrias Pecuarias, Riobamba - Ecuador . 2017. pp 50 - 67.
36. **SÁNCHEZ, Alejandro.** *Química Técnica de Curtición*. 2a. ed. Igualada, Barcelona - España: Escuela Superior de Adobería. Ceti. 2006 pp 87 - 91
37. **SOLER, Jaime.** *Procesos de Curtido*. 1. ed. Barcelona - España. Ceti. 2002. pp 96 - 102.
38. **ZALDIVAR, Jones.** *Procesos de Curtición de las pieles*. [En línea] 2015. [Consultado: 12 de Marzo de 2019].
<http://shoescrazy11.blogspot.com/p/procesos-de-curticion-de-las-pieles.html>.

ANEXOS

Anexo A. Procesos de ribera de las pieles caprinas

PROCESO	OPERACIÓN	PRODUCTO	%	TEMPERATURA °C	TIEMPO
REMOJO		Agua	200		
	BAÑO	Tensoactivo	1		
		Cloro 1 Sachet	0.05	Ambiente	30 Minutos
	BOTAR BAÑO				
		Agua	200		
	BAÑO	Tensoactivo	0.5		
		Cloruro De Sodio	2	Ambiente	3 Horas
	BOTAR BAÑO				
PELAMBRE POR EMBADURNADO	PASTA	Agua	5		
		Cal	3		
		Sulfuro De Sodio	2.5	Ambiente	12 Horas

RETIRAR FOLÍCULOS---- PESAR PIELES

PROCESO	OPERACIÓN	PRODUCTO	%	TEMPERATURA °C	TIEMPO
PELAMBRE EN BOMBO	BAÑO	Agua	100	Ambiente	
		Sulfuro De Sodio	0.4		20 Minutos
		Sulfuro De Sodio	0.4		10 Minutos
		Agua	50	Ambiente	
		Cloruro De Sodio	0.5		20 Minutos
		Sulfuro De Sodio	0.5		30 Minutos
		Cal	1		30 Minutos
		Cal	1		30 Minutos
		Cal	1		3 Horas
		REPOSO			
		GIRAR 10 MINUTOS Y DESCANSAR 50 MINUTOS			18 HORAS
	BOTAR BAÑO				

Anexo B. Descarnado, desencalado y piquelado I de los cueros caprinos

PROCESO	OPERACIÓN	PRODUCTO	%	TEMPERATURA °C	TIEMPO
DESCARNADO PESAR PILES	BAÑO	Agua	200	Ambiente	30 Minutos
	BOTAR BAÑO				
	BAÑO	Agua	100	Ambiente	
		Cal	1		30 Minutos
	BOTAR BAÑO - PESAR PIELES				
DESENCALADO	BAÑO 1	Agua	200	30	
		Formiato De Sodio	0.2		60 Minutos
BOTAR BAÑO - PESAR PIELES					
	BAÑO 2	Agua	100	35	
		Bisulfito De Sodio	1		
		Formiato De Sodio	1		
		Producto Rindente	0.1		60 Minutos
		Producto Rindente	0.02		15 Minutos
BOTAR BAÑO					
	LAVAR	AGUA	200	AMBIENTE	40 MINUT
BOTAR BAÑO					

PROCESO	OPERACIÓN	PRODUCTO	%	TEMPERATURA °C	TIEMPO
PIQUELADO 1	BAÑO	Agua	60	Ambiente	
		Cloruro De Sodio	10		10 Minutos
		Ácido Fórmico 1:10	1.4		
		1 Parte Diluido			20 Minutos
		2 Parte Diluido			20 Minutos
		3 Parte Diluido			60 Minutos
		Ácido Fórmico 1:10	0.4		
		1 Parte Diluido			20 Minutos
		2 Parte Diluido			20 Minutos
		3 Parte Diluido			60 Minutos
BOTAR BAÑO					

Anexo C. Proceso de desengrase 2do piquelado y curtido de las pieles caprinas

PROCESO	OPERACIÓN	PRODUCTO	%	TEMPERATURA °C	TIEMPO
DESENGRASE	BAÑO	Agua	100	35	
		Tensoactivo	2		
		Diesel	1		60 Minutos
	BOTAR BAÑO				
	BAÑO	Agua	200	35	
		Tensoactivo	2		30 Minutos
	BOTAR BAÑO				
	Lavar	Agua	200	Ambiente	20 Minutos
BOTAR BAÑO					

PROCESO	OPERACIÓN	PRODUCTO	%	TEMPERATURA °C	TIEMPO
2DO PIQUELADO	BAÑO	Agua	60	Ambiente	
		Cloruro De Sodio	6		20 Minutos
		Ácido Fórmico 1:10	1.4		
		1 Parte Diluido			20 Minutos
		2 Parte Diluido			20 Minutos
		3 Parte Diluido			60 Minutos
		Ácido Fórmico 1:10	0.4		
		1 Parte Diluido			20 Minutos
		2 Parte Diluido			20 Minutos
		3 Parte Diluido			60 Minutos
		REPOSO			12 HORAS
	RODAR			10 MINUTOS	
CURTIDO		Oxazolidina	6,7 y 8		
		Sulfato De Aluminio	4		60 Minutos
		Basificante 1/10	1		
		1 Parte Diluido			60 Minutos
		2 Parte Diluido			60 Minutos
		3 Parte Diluido			5 Horas
		Agua	100	70	30 Minutos
BOTAR BAÑO					
CUERO WET BLUE					
PERCHAR POR UN DIA					
RASPAR	Calibre 1mm				

Anexo D. Receta de acabado en húmedo para pieles caprinas

Proceso	Operación	Producto	%	Temperatura	Tiempo	
REMOJO	BAÑO	Agua	200	25°	20 minutos	
		Tensoactivo	0,2			
		Ac. Fórmico	0,2			
BOTAR BAÑO						
RECURTIDO CATIONICO	BAÑO	Agua	80	40°	40 minutos	
		Oxazolidina	2			
		Aluminio	1			
BOTAR BAÑO						
NEUTRALIZANTE	BAÑO	Agua	100	T° Ambiente	30 minutos	
		Formeato de Sodio	1			
		Recurtiente Neutralizante	2		60 minutos	
BOTAR BAÑO						
Lavado	Baño	Agua	300	40°	40 minutos	
BOTAR BAÑO						
RECURTIDO	BAÑO	Agua	50	40°	10 minutos	
		Recurtiente Dispersante	2			
		Anilina	2		60 minutos	
		Mimosa	6			
		Rellenante de faldas	2			
		Resina Acrílica (1:10)	3			
ENGRASE	BAÑO	Agua	150	70°	60 minutos	
	MAZCLAR LAS 3 DISOLUCIONES	Ester Fosfórico	4			
		Parafina Sulfurosa	6			
		Aceite Sulfonado	4			
		Ac. Fórmico (1:10)	0,75			10 minutos
		Ac. Fórmico (1:10)	0,75			10 minutos
BOTAR BAÑO						
LAVADO	Baño	Agua	200	T° Ambiente	20 minutos	

Perchar 12 - 24 horas

Anexo E. Estadísticas de la resistencia a la tensión de las pieles caprinas curtidas con diferentes niveles de oxazolidina en combinación con sulfato de aluminio

A. RESULTADOS EXPERIMENTALES

PORCENTAJES DE OXAZOLIDINA	REPETICIONES								Suma	Promedio
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII		
6%	2470	2470	2666	2264	2244	1803	1872	2391	18180	2272.5
7%	2185	2068	2009	2489	2176	2352	2773	2146	18198	2274.75
8%	1588	1960	1382	1401	1940	1852	1705	1784	13612	1701.5

Promedio: 2082.92

Coefficiente de variación: 12.55

B. ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Fisher calculado	Fisher 0.05	Fisher 0.01	Prob	Sign
Tratamiento	2	1745764.33	872882.17	12.77	3.47	5.78	0.0002	**
Error	21	1434923.5	68329.69					
Total	23	3180687.83	138290.78					

Prob: > 0.05: no existen diferencias estadísticas.

Coefficiente de variación ajustado: 1.28

C. CUADRO DE MEDIAS Y ASIGNACIÓN DE RANGOS DE ACUERDO A LA PRUEBA DE TUKEY

Porcentajes	Medias	Rango	EE
6% + 4% de sulfato de aluminio	2272.5	a	92.42
7% + 4% de sulfato de aluminio	2274.75	a	92.42
8% + 4% de sulfato de aluminio	1701.5	b	92.42

Promedios con letras diferentes en la misma fila difieren estadísticamente según Tukey (P<0.01)

D. ANÁLISIS DE VARIANZA DE REGRESIÓN

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	2	1745764.33	872882.17	12.77	0.0002
Residuos	21	1434923.50	68329.69		
Total	23	3180687.83			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95.0%	Superior 95.0%
Intercepción	-1153.4375	314.183967	3.67121693	0.00142204	-1806.81883	-500.056172	-1806.81883	-500.056172
Variable X 1	362.03125	90.7613276	3.98882718	0.00066729	173.282737	550.779763	173.282737	550.779763
Variable X 2	-26.40625	6.47744628	-4.07664516	0.00054096	-39.876837	-12.935663	-39.876837	-12.935663

Anexo F. Estadísticas del porcentaje de elongación de las pieles caprinas curtidas con diferentes niveles de oxazolidina en combinación con sulfato de aluminio

A. RESULTADOS EXPERIMENTALES

PORCENTAJES DE OXAZOLIDINA	REPETICIONES								Suma	Promedio
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII		
6%	90	82.5	72.5	60	70	52.5	55	62.5	545	68.13
7%	92.5	45	97.5	115	92.5	97.5	70	85	695	86.88
8%	55	42.5	55	60	57.5	42.5	50	60	423	52.81

Promedio: 69.27

Coefficiente de variación: 21.59

B. ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente de variación	de Grados libertad	de Suma cuadrados	de Cuadrado medio	Fisher calculado	Fisher 0.05	Fisher 0.01	Prob	Sign
Tratamiento	2	4656.77083	2328.38542	10.41	3.47	5.78	0.0007	**
Error	21	4699.21875	223.772321					
Total	23	9355.98958	406.782156					

Prob: > 0.05: no existen diferencias estadísticas.

Coefficiente de variación ajustado: 3.33

C. CUADRO DE MEDIAS Y ASIGNACIÓN DE RANGOS DE ACUERDO A LA PRUEBA DE TUKEY

Porcentajes	Medias	Rango	EE
6% + 4% de sulfato de aluminio	68.125	5.29	ab
7% + 4% de sulfato de aluminio	86.875	5.29	a
8% + 4% de sulfato de aluminio	52.8125	5.29	b

Promedios con letras diferentes en la misma fila difieren estadísticamente según Tukey (P<0.01)

D. ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	2	4656.77	2328.39	10.41	0.0007
Residuos	21	4699.22	223.77		
Total	23	9355.99			

Anexo G. Estadísticas de la lastometría de las pieles caprinas curtidas con diferentes niveles de oxazolidina en combinación con sulfato de aluminio

A. RESULTADOS EXPERIMENTALES

PORCENTAJES DE OXAZOLIDINA	REPETICIONES								Suma	Promedio
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII		
6%	10.05	8.92	10.08	9.96	10.08	9.96	9.96	9.87	79	9.86
7%	10.08	9.87	9.74	9.87	9.74	9.87	9.74	9.74	79	9.83
8%	9.28	9.74	9.87	9.87	9.87	9.87	9.74	10.05	78	9.79

Promedio: 9.82

Coefficiente de variación: 2.73

B. ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente de variación	de Grados de libertad	de Suma de cuadrados	de Cuadrado medio	Fisher calculado	Fisher 0.05	Fisher 0.01	Prob	Sign
Tratamiento	2	0.0214647	0.01073235	0.15	3.47	5.78	0.86	ns
Error	21	1.51009009	0.07190905					
Total	23	1.53155478	0.06658934					

ns: no existen diferencias estadísticas Prob: >0.05

C. CUADRO DE MEDIAS Y ASIGNACIÓN DE RANGOS DE ACUERDO A LA PRUEBA DE TUKEY

Porcentajes	Medias	Rango	EE
6% + 4% de sulfato de aluminio	9.858	a	0.1
7% + 4% de sulfato de aluminio	9.830	a	0.1
8% + 4% de sulfato de aluminio	9.785	a	0.1

Promedios con letras iguales en la misma fila no difieren estadísticamente según Tukey (P>0.05).

Anexo H. Estadísticas de la llenura de las pieles caprinas curtidas con diferentes niveles de oxazolidina en combinación con sulfato de aluminio

A. RESULTADOS EXPERIMENTALES

PORCENTAJES DE OXAZOLIDINA	REPETICIONES								Suma	Promedio
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII		
6%	2.00	3.00	2.00	3.00	4.00	3.00	2.00	2.00	21	2.63
7%	5.00	5.00	4.00	3.00	5.00	4.00	4.00	5.00	35	4.38
8%	4.00	4.00	4.00	3.00	4.00	4.00	4.00	4.00	31	3.88

Promedio: 3.63

Coefficiente de variación: 17.68

B. ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Fisher calculado	Fisher 0.05	Fisher 0.01	Prob	Sign
Tratamiento	2	13	6.5	15.83	3.47	5.78	0.0001	**
Error	21	8.625	0.411					
Total	23	21.625	0.94					

** : Existen diferencias estadísticas (Prob < 0.01)

Coefficiente de variación ajustado: 3.63

C. CUADRO DE MEDIAS Y ASIGNACIÓN DE RANGOS DE ACUERDO A LA PRUEBA DE TUKEY

Porcentajes	Medias	Rango	EE
6% + 4% de sulfato de aluminio	2.625	b	0.23
7% + 4% de sulfato de aluminio	4.375	a	0.23
8% + 4% de sulfato de aluminio	3.875	a	0.23

Promedios con letras diferentes en la misma fila difieren estadísticamente según Tukey (P<0.01)

D. ANÁLISIS DE VARIANZA DE REGRESIÓN

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	2	13	6.5	15.83	6.43E-05
Residuos	21	8.63	0.411		
Total	23	21.63			

	Coeficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95.0%	Superior 95.0%
Intercepción	-55.125	13.460176	-4.09541449	0.00051722	-83.1169685	-27.1330315	-83.1169685	-27.1330315
Variable X 1	16.375	3.88836979	4.21127642	0.00039205	8.288692346	24.4613077	8.28869235	24.4613077
Variable X 2	-1.125	0.27750483	-4.05398355	0.00057108	-1.70210288	-0.54789712	-1.70210288	-0.54789712

Anexo I. Estadísticas de la blandura de las pieles caprinas curtidas con diferentes niveles de oxazolidina en combinación con sulfato de aluminio

A. RESULTADOS EXPERIMENTALES

PORCENTAJES DE OXAZOLIDINA	REPETICIONES								Suma	Promedio
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII		
6%	3.00	3.00	3.00	2.00	3.00	2.00	1.00	2.00	19	2.38
7%	5.00	5.00	4.00	5.00	5.00	4.00	5.00	5.00	38	4.75
8%	4.00	4.00	3.00	4.00	3.00	4.00	4.00	4.00	30	3.75

Promedio: 3.63

Coefficiente de variación: 15.78

B. ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente de variación	de Grados libertad	de Suma cuadrados	de Cuadrado medio	Fisher calculado	Fisher 0.05	Fisher 0.01	Prob	Sign
Tratamiento	2	22.75	11.375	34.75	3.47	5.78	0.0000	**
Error	21	6.875	0.327					
Total	23	29.625	1.288					

** : Existen diferencias altamente significativas (Prob < 0.01)

Coefficiente de variación ajustado: 5.59

C. CUADRO DE MEDIAS Y ASIGNACIÓN DE RANGOS DE ACUERDO A LA PRUEBA DE TUKEY

Porcentajes	Medias	Rango	EE
6% + 4% de sulfato de aluminio	2.375	c	0.2
7% + 4% de sulfato de aluminio	4.75	a	0.2
8% + 4% de sulfato de aluminio	3.875	A	0.23

Promedios con letras diferentes en la misma fila difieren estadísticamente según Tukey (P<0.01)

D. ANÁLISIS DE VARIANZA DE REGRESIÓN

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	2	22.75	11.375	34.745	0.0000002
Residuos	21	6.875	0.327		
Total	23	29.625			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95.0%	Superior 95.0%
Intercepción	-82.75	12.0173176	-6.88589606	8.3451E-07	-107.74138	-57.7586199	-107.74138	-57.7586199
Variable X 1	24.3125	3.47155748	7.00334077	6.4865E-07	17.093001	31.531999	17.093001	31.531999
Variable X 2	-1.6875	0.2477578	-6.81108722	9.8071E-07	-2.20274056	-1.17225944	-2.20274056	-1.17225944

Anexo J. Estadísticas de la redondez de las pieles caprinas curtidas con diferentes niveles de oxazolidina en combinación con sulfato de aluminio

A. RESULTADOS EXPERIMENTALES

PORCENTAJES DE OXAZOLIDINA	REPETICIONES								Suma	Promedio
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII		
6%	2.00	2.00	2.00	3.00	2.00	3.00	2.00	2.00	18	2.25
7%	5.00	5.00	2.00	5.00	5.00	4.00	5.00	5.00	36	4.50
8%	4.00	4.00	3.00	4.00	4.00	3.00	4.00	3.00	29	3.63

Promedio: 3.63

Coefficiente de variación: 15.78

B. ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Fisher calculado	Fisher 0.05	Fisher 0.01	Prob	Sign
Tratamiento	2	20.58	10.29	19.00	3.47	5.78	0.0000	**
Error	21	11.38	0.54					
Total	23	31.96	1.39					

** : Existen diferencias altamente significativas (Prob < 0.01)

Coefficiente de variación ajustado: 6.89

C. CUADRO DE MEDIAS Y ASIGNACIÓN DE RANGOS DE ACUERDO A LA PRUEBA DE TUKEY

Porcentajes	Medias	Rango	EE
6% + 4% de sulfato de aluminio	2.25	b	0.26
7% + 4% de sulfato de aluminio	4.5	a	0.26
8% + 4% de sulfato de aluminio	3.625	b	0.26

Promedios con letras diferentes en la misma fila difieren estadísticamente según Tukey ($P < 0.01$).

D. ANALISIS DE VARIANZA DE REGRESIÓN

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	2	20.583	10.292	19	1.9E-05
Residuos	21	11.375	0.542		
Total	23	31.958			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95.0%	Superior 95.0%
Intercepción	-76.875	15.46	-4.97	0.00006	-109.02	-44.73	-109.02	-44.73
Variable X 1	22.5625	4.47	5.05	0.00005	13.28	31.85	13.28	31.85
Variable X 2	-1.5625	0.32	-4.90	0.00008	-2.23	-0.90	-2.23	-0.90

Anexo K. Análisis de Kruskal Wallis

Variable	Niveles	N	Medias	D.E.	Medianas	Promedio rangos	gl	C	H	p
Llenura	6	8	2.63	0.74	2.5	5.75	2	0.89	12.06	0.0011
Llenura	7	8	4.38	0.74	4.5	17.75				
Llenura	8	8	3.88	0.35	4	14				

Variable	Niveles	N	Medias	D.E.	Medianas	Promedio rangos	gl	C	H	p
Blandura	6	8	2.38	0.74	2.5	5	2	0.93	17.42	0.0001
Blandura	7	8	4.75	0.46	5	19.75				
Blandura	8	8	3.75	0.46	4	12.75				

Variable	Niveles	N	Medias	D.E.	Medianas	Promedio rangos	gl	C	H	p
Redondez	6	8	2.25	0.46	2	5.5	2	0.94	13.86	0.0006
Redondez	7	8	4.5	1.07	5	18.56				
Redondez	8	8	3.63	0.52	4	13.44				

Anexo M. Evidencia fotográfica del proceso de ribera, pelambre y pelambre en bombo de las pieles caprinas en el Laboratorio de Curtiembre de la FCP, de la ESPOCH.



PELAMBRE POR EMBADURNADO.



PELAMBRE EN BOMBO.



Anexo N. Evidencia fotográfica del proceso de descarnado, desescalado, piquelado desengrase curtido y perchado.



CURTIDO Y PERCHADO



Anexo O. Evidencia fotográfica del proceso de rebaje de los cueros a un calibre de 1 mm y acabado en húmedo.



ACABADO EN HÚMEDO.



Anexo P. Evidencia fotográfica del proceso de oreado, aserrinado y estacado de los cueros.



Anexo Q. Evidencia fotográfica del proceso de las pruebas físicas de los cueros.

