



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

“DESARROLLO DE UNA FORMULACIÓN PARA LA CURTICIÓN DE PIEL CAPRINA CON DIFERENTES CONCENTRACIONES DE ÁCIDO HÚMICO Y UN PORCENTAJE FIJO DE TARA EN LA EMPRESA EL AL-CE”

TRABAJO DE TITULACIÓN

TIPO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Presentado para optar por al grado académico de:

INGENIERO QUÍMICO

AUTOR: DIEGO GEOVANNY BARZALLO GRANIZO

TUTOR: ING. CÉSAR ARTURO PUENTE GUIJARRO

Riobamba-Ecuador

2018

© 2018, Diego Geovanny Barzallo Granizo

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

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de investigación: **“DESARROLLO DE UNA FORMULACIÓN PARA LA CURTICIÓN DE PIEL CAPRINA CON DIFERENTES CONCENTRACIONES DE ÁCIDO HÚMICO Y UN PORCENTAJE FIJO DE TARA EN LA EMPRESA EL AL-CE”** de responsabilidad del señor Diego Geovanny Barzallo Granizo, ha sido revisado por los Miembros del Tribunal de Titulación, quedando autorizada su presentación.

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Ing. César Arturo Puente Guijarro DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN
Ing. Mabel Mariela Parada Rivera MIEMBRO DEL TRIBUNAL

“Yo, Diego Geovanny Barzallo Granizo soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestas y propuestas en el presente Trabajo de Titulación y el patrimonio intelectual del Trabajo de Titulación pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Diego Geovanny Barzallo Granizo

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación va dedicado en primer lugar a Dios por haberme ayudado en toda mi etapa universitaria y por ayudarme a culminar mis estudios de la mejor manera.

A mis padres, Pedro Barzallo y Beatriz Granizo, por darme la vida y ayudarme con su apoyo tanto moral como económicamente para lograr cumplir una etapa más en mi vida personal.

A mis hermanos, Germán Barzallo y Rocío Granizo, por todo el apoyo que me han brindado en esta etapa universitaria.

A mi primo, Paul Pilco por siempre cuidarme desde el cielo y ser mi ángel protector ante cualquier adversidad que se me presente en la vida.

Diego Geovanny Barzallo

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios principalmente por ser tan bueno conmigo por permitirme tener a mi madre con vida y compartir este título universitario junto a ella, anhelo y aspiro que todos los triunfos que consiga en mi vida este presente ella para que se sienta orgulloso de mí.

A mi hermana Rocío Granizo por ser además de una gran hermana una segunda madre para mí por estar siempre pendiente y su apoyo incondicional en todo sentido.

Al Ing. Cesar Puente por ser una persona humilde, generosa y haberme abierto las puertas de su curtiembre para llevar a cabo este trabajo de investigación.

A la Ing. Mabel Parada por su apoyo y colaboración para concluir con el presente trabajo.

Diego Geovanny Barzallo

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN	ii
ABSTRACT	iii
CAPÍTULO I	
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Identificación del problema	1
1.2. Justificación de la Investigación	2
1.3. Objetivos de la investigación	4
1.3.1. Objetivo General	4
1.3.2. Objetivos Específicos	4
CAPITULO II	
2. MARCO TEÓRICO	5
2.1. Antecedentes de la investigación	5
2.2. Marco Conceptual	6
2.2.1. Histología de la piel	6
2.2.1.1. <i>Epidermis</i>	7
2.2.1.3. <i>Capa Subcutánea o Hipodermis</i>	8
2.2.2. Partes de la piel animal	8
2.2.2.1. <i>Cuello</i>	8
2.2.2.2. <i>Crupón</i>	9
2.2.2.3. <i>Faldas</i>	9
2.2.3. Tipos de pieles de animales	9
2.2.3.1. <i>Bovinos</i>	9
2.2.3.2. <i>Caprinos</i>	9
2.2.3.3. <i>Ovinos</i>	10
2.2.4. Composición Química de la piel caprina	10
2.2.4.1. <i>Agua</i>	10
2.2.4.2. <i>Proteínas</i>	10
2.2.4.3. <i>Minerales y Substancias grasas</i>	11
2.2.5. Calidad de las pieles caprinas	12
2.2.6. Defectos de las pieles caprinas	12
2.2.7. El Curtido	13
2.2.7.1. <i>Operaciones previas</i>	13
2.2.7.2. <i>Operaciones en húmedo o ribera:</i>	14

2.2.7.3.	<i>Curtición</i>	14
2.2.7.4.	<i>Operaciones de post-curtición</i>	14
2.2.7.5.	<i>Operaciones de acabado</i>	14
2.2.8.	Sistemas de curtido	14
2.2.8.1.	<i>Origen vegetal</i>	15
2.2.8.2.	<i>Origen mineral</i>	15
2.2.9.	Efectos ambientales de la curtición con cromo	15
2.2.10.	Operaciones de curtición de pieles caprinas	17
2.2.10.1.	<i>Remojo</i>	17
2.2.10.2.	<i>Pelambre y calero</i>	17
2.2.10.3.	<i>Descarnado</i>	18
2.2.10.4.	<i>Dividido</i>	18
2.2.10.5.	<i>Desencalado</i>	19
2.2.10.6.	<i>Rendido</i>	19
2.2.10.7.	<i>Desengrase</i>	19
2.2.10.8.	<i>Piquelado</i>	19
2.2.10.9.	<i>Curtición con extractos vegetales</i>	20
2.2.10.10.	<i>Rebajado</i>	20
2.2.10.11.	<i>Neutralizado</i>	20
2.2.10.12.	<i>Recurtición con extractos vegetales</i>	21
2.2.10.13.	<i>Tintura</i>	21
2.2.10.14.	<i>Engrase</i>	21
2.2.10.15.	<i>Secado</i>	21
2.2.11.	Curtición con ácido Húmico	22
2.2.11.1.	<i>Conocimiento estructural del Ácido Húmico</i>	22
2.2.12.	Tara (Caelsaspinia Spinosa)	25
2.2.12.1.	<i>Estructura química de los taninos</i>	26
CAPITULO III		
3.	METODOLOGÍA	28
3.1.	Hipótesis y especificación de las variables	28
3.1.1.	Hipótesis General	28
3.1.2.	Hipótesis Específicas	28
3.1.3.	Especificación de las variables	28
3.1.4.	Operacionalización de variables	30
3.1.5.	Matriz de Consistencia	31
3.2.	Tipo y diseño de la investigación	32
3.2.1.	Tipo de investigación	32

3.2.2.	Diseño de la investigación.....	32
3.3.	Unidad de análisis	34
3.4.	Población de estudio.....	34
3.5.	Tamaño de muestra.....	34
3.6.	Selección de la muestra	34
3.7.	Desarrollo experimental	35
3.7.1.	Localización del experimento.....	35
3.7.2.	Materiales, equipos y productos químicos	36
3.7.2.1.	<i>Materiales.....</i>	36
3.7.2.2.	<i>Equipos.....</i>	36
3.7.2.3.	<i>Productos Químicos.....</i>	36
3.7.3.	Procedimiento Experimental	37
3.7.3.1.	<i>Remojo.....</i>	37
3.7.3.2.	<i>Pelambre y calero.....</i>	38
3.7.3.3.	<i>Desencalado y rendido</i>	38
3.7.3.4.	<i>Piquelado.....</i>	38
3.7.3.5.	<i>Desengrase</i>	39
3.7.3.6.	<i>Curtido vegetal</i>	39
3.7.3.7.	<i>Neutralizado y recurtido.....</i>	39
3.7.3.8.	<i>Tintura y engrase.....</i>	40
3.7.3.9.	<i>Ablandado y estacado.....</i>	40
3.7.3.10.	<i>Acabado del cuero.....</i>	40
3.7.4.	Metodología de evaluación de los cueros caprinos terminados.....	40
3.7.4.1.	<i>Extracción de las probetas para análisis físicos y químicos.....</i>	41
3.7.4.2.	<i>Análisis físico mecánicos.....</i>	42
3.7.4.3.	<i>Análisis sensoriales</i>	44
3.7.4.4.	<i>Análisis Químicos.....</i>	45
3.8.	Técnicas de recolección de datos.....	47
CAPITULO IV		
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	49
4.1.	Resultados.....	51
4.2.	Análisis de Resultados	50
4.2.1.	Balance de Materia y Energía del proceso de curtición.....	50
4.2.1.1.	<i>Fijación del ácido húmico en el proceso de curtición</i>	50
4.2.1.2.	<i>Balance de Energía en el proceso de curtición.....</i>	53
4.2.2.	Análisis físico mecánicos del cuero.....	55
4.1.2.1.	<i>Resistencia a la tensión de los cueros.....</i>	57

4.2.2.2.	<i>Porcentaje de Elongación</i>	58
4.2.2.3.	<i>Lastometría</i>	60
4.2.3.	Análisis de las características sensoriales del cuero	62
4.2.3.1.	<i>Llenura</i>	64
4.2.3.2.	<i>Blandura</i>	65
4.2.3.3.	<i>Soltura de flor</i>	67
4.2.4.	Análisis químicos de la piel	69
4.2.4.1.	<i>Porcentaje de Humedad</i>	71
4.2.4.2.	<i>pH</i>	72
4.2.4.3.	<i>Índice de referencia</i>	73
4.2.5.	Determinación de la calidad del agua residual	75
4.2.5.1.	<i>Demanda Bioquímica de Oxígeno</i>	75
4.2.5.2.	<i>Demanda Química de Oxígeno</i>	76
4.2.5.3.	<i>Concentración de cromo hexavalente</i>	77
4.3.	Pruebas de hipótesis	77
4.3.1.	Hipótesis 1	78
4.3.2.	Hipótesis 2	78
4.3.3.	Hipótesis 3	79
4.4.	Discusión de resultados	79
CAPITULO V		
5.	IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO	83
5.1.	Propuesta para la solución del problema	83
5.2.	Costos de la implementación de la propuesta	83
CONCLUSIONES		84
RECOMENDACIONES		85
BIBLIOGRAFIA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2: Contenido de ácidos húmicos y fúlvicos de diferentes componentes.	24
Tabla 2-2: Composición química de la Tara	26
Tabla 3-3: Operacionalización de variables	30
Tabla 4-3: Matriz de consistencia	31
Tabla 5-3: Esquema del Experimento	48
Tabla 6-3: Esquema del adeva	48
Tabla 1-4: Resultados físico-mecánicos de los cueros caprinos terminados.....	49
Tabla 2-4: Resultados sensoriales efectuados a los cueros caprinos terminados	49
Tabla 3-4: Resultados de los análisis químicos realizados a los cueros caprinos terminados.	50
Tabla 4-4: Resultados obtenidos al balance de masa en la curtición de los cueros con ácido húmico	53
Tabla 5-4: Evaluación de las resistencias físico –mecánicas de los cueros caprinos curtidos por efecto de la adición de diferentes niveles de ácido húmico en combinación con Tara	56
Tabla 6-4: Análisis estadístico de la resistencia a la tensión de las pieles caprinas curtidas por efecto de los diferentes niveles de ácido húmico en combinación con tara.	57
Tabla 7-4: Análisis estadístico del porcentaje de elongación de las pieles caprinas curtidas por efecto de los diferentes niveles de ácido húmico en combinación con tara.	59
Tabla 8-4: Análisis estadístico de la lastometría de las pieles caprinas curtidas por efecto de los diferentes niveles de ácido húmico en combinación con tara.	61
Tabla 9-4: Evaluación de las características sensoriales de los cueros caprinos curtidos por efecto de la adición de diferentes niveles de ácido húmico en combinación con Tara	63
Tabla 10-4: Evaluación de la llenura de los cueros caprinos curtidos por efecto de la adición de diferentes niveles de ácido húmico en combinación con Tara.....	64
Tabla 11-4: Evaluación de la blandura de los cueros caprinos curtidos por efecto de la adición de diferentes niveles de ácido húmico en combinación con Tara.....	66
Tabla 12-4: Evaluación de la soltura de flor de los cueros caprinos curtidos por efecto de la adición de diferentes niveles de ácido húmico en combinación con Tara.....	68
Tabla 13-4: Evaluación de las características químicas de los cueros caprinos curtidos por efecto de la adición de diferentes niveles de ácido húmico en combinación con Tara.	70
Tabla 14-4: Evaluación de la soltura de flor de los cueros caprinos curtidos por efecto de la adición de diferentes niveles de ácido húmico en combinación con Tara	71

Tabla 15-4: Evaluación del pH de los cueros caprinos curtidos por efecto de la adición de diferentes niveles de ácido húmico en combinación con Tara.....	72
Tabla 16-4: Evaluación del índice de referencia de los cueros caprinos curtidos por efecto de la adición de diferentes niveles de ácido húmico en combinación con Tara.....	74
Tabla 17-4. -Evaluación de la calidad del agua residual del proceso de curtición	75
Tabla 18-4: Evaluación de la demanda bioquímica de oxígeno del agua residual obtenida después de un proceso de curtición con diferentes niveles de ácido húmico	76
Tabla 19-4: Evaluación de la demanda bioquímica de oxígeno del agua residual obtenida después de un proceso de curtición con diferentes niveles de ácido húmico	76
Tabla 20-4: Evaluación de la concentración de cromo hexavalente disuelto en el agua residual obtenida después de un proceso de curtición con diferentes niveles de ácido húmico.....	77

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-2: Esquema representativo de las proteínas de la piel.	11
Gráfico 1-3:: Representación esquemática del diseño de la investigación	33
Gráfico 2-4: Porcentaje de elongación de los cueros caprinos curtidos por efecto de la adición de diferentes niveles de ácido húmico en combinación con tara	59
Gráfico 3-4: Regresión del porcentaje de elongación de los cueros caprinos curtidos por efecto de la adición de diferentes niveles de ácido húmico en combinación con tara	60
Gráfico 4-4: Lastometría de los cueros caprinos curtidos por efecto de la adición de diferentes niveles de ácido húmico en combinación con tara.....	61
Gráfico 5-4: Regresión del porcentaje de elongación de los cueros caprinos curtidos por efecto de la adición de diferentes niveles de ácido húmico en combinación con tara	62
Gráfico 6-4: Llenura de los cueros caprinos curtidos por efecto de la adición de diferentes niveles de ácido húmico en combinación con tara.....	64
Gráfico 7-4: Regresión de la llenura de los cueros caprinos curtidos por efecto de la adición de diferentes niveles de ácido húmico en combinación con tara	65
Gráfico 8-4: Blandura de los cueros caprinos curtidos por efecto de la adición de diferentes niveles de ácido húmico en combinación con tara.....	66
Gráfico 9-4: Regresión de la blandura de los cueros caprinos curtidos por efecto de la adición de diferentes niveles de ácido húmico en combinación con tara	67
Gráfico 10-4: Soltura de flor de los cueros caprinos curtidos por efecto de la adición de diferentes niveles de ácido húmico en combinación con tara.....	68
Gráfico 11-4: Regresión de la soltura de flor de los cueros caprinos curtidos por efecto de la adición de diferentes niveles de ácido húmico en combinación con tara	69
Gráfico 12-4: Porcentaje de humedad de los cueros caprinos curtidos por efecto de la adición de diferentes niveles de ácido húmico en combinación con tara	71
Gráfico 13-4: pH de los cueros caprinos curtidos por efecto de la adición de diferentes niveles de ácido húmico en combinación con tara	72
Gráfico 14-4: Regresión del pH de los cueros caprinos curtidos por efecto de la adición de diferentes niveles de ácido húmico en combinación con tara	73
Gráfico 15-4: Índice de referencia de los cueros caprinos curtidos por efecto de la adición de diferentes niveles de ácido húmico en combinación con tara	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2: Representación esquemática de las capas de la piel	7
Figura 2-2: Partes representativas de la piel del animal.	8
Figura 3-2: Diagrama ingenieril del proceso de curtición	13
Figura 4-2: Estructura química del ácido húmico	23
Figura 5-2: Ácido Húmico en forma sólida.....	24
Figura 6-2: Planta de Tara (Caelsaspinia Spinosa) sembrada en el Ecuador.	25
Figura 1-3: Localización geográfica de la curtiembre el “AL-CE”	35
Figura 2-3: Localización de la muestra para ensayos físicos y químicos de la hoja completa...41	
Figura 1-4: Diagrama para el balance de materia para el ácido húmico en la piel.....	51

RESUMEN

Este proyecto de investigación tuvo como finalidad establecer la calidad de los cueros caprinos curtidos con ácido húmico en combinación con *Caesalpinia spinosa* (Tara). Las unidades experimentales utilizadas en la presente investigación fueron de 16 pieles caprinas divididas en 4 tratamientos con 4 repeticiones, cada tratamiento difiere en la adición de distintas concentraciones de ácido húmico con un porcentaje fijo de tara, las cuales fueron modeladas bajo un Diseño Completamente al Azar simple. Los mejores resultados de las pruebas físico-mecánicas: resistencia a la tensión (2973.80 N/cm²), porcentaje de elongación (62.50%) y lastimetría (7.89 mm) se reportaron al curtir con 10% de ácido húmico en combinación con el 15 % de tara. En cuanto a las calificaciones sensoriales se reportan valores excelentes de llenura de 5 puntos según la escala de Hidalgo (2018) al curtir con 20% de ácido húmico, mientras tanto, los mejores resultados en blandura (4 puntos) y soltura de flor (4.25 puntos) fueron al curtir con el 10% de ácido húmico, obteniéndose valores de 5 puntos al curtir únicamente con tara. Al determinar los análisis químicos se obtuvo valores muy buenos al curtir con 10% de ácido húmico en su porcentaje de humedad (12.68%), pH (4.27) e índice de referencia (0.73), óptimos para la fabricación de artículos de marroquinería. De este modo, los resultados obtenidos señalan la viabilidad de curtir con el 10% ácido húmico en combinación con el 15% tara, sin embargo, se recomienda curtir con el 10 al 15 % de ácido húmico variando el porcentaje de tara para obtener mejores resultados sensoriales obteniéndose de esta forma cueros curtidos sin cromo cumpliendo con las características requeridas por los mercados europeos para su exportación como también generando menores costos en la producción y una mayor rentabilidad para la curtiembre el “AL-CE”.

Palabras Clave:<INGENIERIA Y TECNOLOGIA QUIMICA> <CURTICIÓN> <ÁCIDO HÚMICO>, < TARA (*Caesalpinia spinosa*)>, <CALIDAD DEL CUERO>, <ANALISIS FÍSICO- MECANICOS> <ANALISIS SENSORIALES> <ANALISIS QUIMICOS >

ABSTRACT

The purpose of this research project was to establish the quality of goat leather tanned with humic acid in combination with *Caesalpinia spinosa* (Tare). The experimental units used in the present investigation were 16 goat skins divided into 4 treatments with 4 repetitions, each treatment differs in the addition of different concentrations of humic acid with a fixed percentage of tare, which were modeled under a Completely Random Design simple. The best results of the physical-mechanical tests: tensile strength (2973.80 N / cm²), elongation percentage (62.50%) and lastometry (7.89 mm) were reported when tanning with 10% humic acid in combination with 15% of tare. In terms of sensory ratings, excellent values of 5-point fullness are reported according to the Hidalgo scale (2018) when tanning with 20% humic acid, meanwhile, the best results in softness (4 points) and flower looseness (4.25). points) were tanned with 10% humic acid, obtaining values of 5 points when tanning only tare. When determining the chemical analyzes, very good values were obtained when tanning with 10% humic acid in its percentage of humidity (12.68%), pH (4.27) and reference index (0.73), optimal for the manufacture of leather goods.

Thus, the results indicate the feasibility of tanning with 10% humic acid in combination with 15% tare, however, it is recommended to tan with 10 to 15% of humic acid varying the percentage of tare to obtain better results Sensors thus obtaining tanned leathers without chrome meeting the characteristics required by the European markets for its export as well as generating lower production costs and greater profitability for the tannery "AL-CE".

Keywords: <CHEMICAL ENGINEERING AND TECHNOLOGY> <CURTITION> <HUMIC ACID>, <TARE (*Caesalpinia spinosa*)>, <LEATHER QUALITY>, <PHYSICAL – MECHANICAL ANALYSIS > <SENSORY ANALYSIS> <CHEMICAL ANALYSIS>

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Identificación del problema

En el Ecuador según datos del MIPRO (2018), se produjo aproximadamente 309 toneladas de cuero en el año 2017, las cuales incluían cueros para la comercialización en el país y para la exportación hacia mercados internacionales especialmente países vecinos y Estados Unidos, de esta producción en el Ecuador únicamente se fabrica cueros a base de sales de cromo ya que no existen técnicas aceptadas para la curtición con agentes que replacen al cromo además de que la mayoría de técnicas que actualmente se han investigado no han podido ser aplicadas por la falta de desarrollo y conciencia ambiental de los curtidores del país, este problema de curtir con cromo ha iniciado a partir de la firma del convenio con el mercado Europeo en donde los mayores consumidores que son Italia y Alemania no compran wet blue (cuero curtido al cromo) sino que ellos prefieren la adquisición de pieles libres de cromo y debido a que son mercados con gran poder adquisitivo se debe buscar alternativas que reemplacen a la curtición tradicional del cuero para ofertar estos productos en mercados Europeos logrando así tener mayores ganancias para esta actividad industrial.

Otro problema que se enfrenta con la curtición al cromo es su alto impacto ambiental por su elevada toxicidad, en investigaciones realizadas en los últimos años demuestran que el óxido de cromo trivalente bajo ciertas condiciones puede convertirse en óxido de cromo hexavalente, el cual según los datos de la ficha técnica de la HDS (hoja de seguridad de sustancias químicas) el cromo hexavalente a concentraciones elevadas puede generar enfermedades en el sistema respiratorio y hepático que como consecuencia puede derivar en detección de cáncer a los consumidores de productos fabricados a partir del cuero curtido con cromo, además que en el ambiente pueden fijarse al suelo que entra en contacto con las aguas residuales produciendo problemas de erosión y alta carga contaminante en el suelo, en el agua residual generan respuestas elevadas al DBO₅ (Demanda Bioquímica de Oxígeno) y DQO (Demanda Química de Oxígeno) que ocasiona que los nutrientes en el agua disminuyan afectando a la flora y fauna acuática, por esta razón es necesario realizar un tratamiento a los efluentes provenientes de esta actividad, lo que ocasionara una mayor inversión económica en la implementación de plantas de tratamientos de agua o en técnicas complejas que eliminen el cromo del agua residual. Al aumentar las medidas de cuidado ambiental que se están implementando en el país la industria del cuero puede sufrir

afectaciones en su economía ya que serán multadas al no cumplir las normas ambientales, esto hace fundamental el buscar e implementar técnicas que reemplacen el uso de cromo como agente curtiente, así el impacto generado por las curtiembres del país disminuirá en gran medida además, que se podrá comercializar el producto en mercados Europeos donde tienen un alto costo permitiendo mejorar la eficiencia y rentabilidad en la producción del cuero.

1.2. Justificación de la Investigación

En la curtiembre “El AL-CE” al momento todos los cueros que se produce son en base a sales de cromo ya que no se cuenta con una técnica estandarizada con agentes curtientes que reemplacen en la curtición al cromo y por este motivo la planta no logra expandirse ya que los mercados con mayor poder adquisitivo exigen cueros libres de dicho agente precursor de la curtición, por esta razón la curtiembre ha venido realizando investigaciones para lograr reemplazar al cromo, al momento se han reportado resultados satisfactorios al curtir con tara y agentes vegetales, aun así no se ha logrado estandarizar la técnica de curtición únicamente con tara ya que en la mayoría de investigaciones se han probado técnicas de curtición mixta, el problema con esto es que la mayoría de sustancias afines a la tara son los ácidos orgánicos que tienen un alto costo en mercado, disminuyendo así, la relación costo-beneficio y en ocasiones resulta más costoso la producción que el precio de venta, dando como resultado que estas investigaciones no sean viables, por no alcanzar un rendimiento y eficiencia adecuada. Considerando estos inconvenientes se debe investigar a profundidad la curtición con agentes químicos que tengan propiedades similares a los ácidos orgánicos, pero de menor costo, para que se puedan aplicar a nivel industrial.

Una técnica viable que se puede aplicar y que al momento no se ha probado en cueros es el uso de ácido húmico que proviene de la leonardita o del humus, el mismo que es utilizado como fertilizante agrícola, sin embargo, la mayoría de ácidos húmicos que se encuentra en el mercado provienen de la leonardita que por sus características son considerados de mayor calidad y con un contenido mayor de ácidos húmicos en su composición química. Sin embargo, en el Ecuador la mayoría de extensión territorial son suelos con alto contenido de nutrientes que son precursores para la formación del humus y que en ocasiones estos suelos no son ocupados para la actividad agropecuaria, quedando desperdiciado y sin darle uso, además de esto específicamente en la provincia de Chimborazo que es en donde se va a ejecutar la investigación el suelo es alto en humus ya que el alto valor nutritivo del suelo permite que sean suelos cultivables, pero como no existe la suficiente mano de obra o inversión para el cultivo estos terrenos quedan abandonados y no son aprovechados generando pérdidas económicas para los agricultores, por lo que se debe buscar vías alternas de producción que permitan el aprovechamiento de los nutrientes del suelo sin una inversión considerable, como resultado de la investigación se busca el dar un uso distinto

al ácido húmico probándolo en la curtición así los agricultores podrán aprovechar sus suelos no cultivados para producir ácido húmico y obtener ganancias sin una inversión considerable de capital humano y económico.

Con el empleo del ácido húmico además se evitaría la adquisición de agentes recurtientes (sales de ácidos minerales o vegetales) permitiéndole a los curtidores tener menor inversión en la producción de cuero y dado que la mayoría de productos químicos utilizados en la curtición y re curtición de los cueros no son producidos en el territorio nacional y son exportados en especial de fábricas alemanas encarece el precio de los productos en el país y evitan que la industria de curtiembre pueda mejorar sus ganancias, evitando tener un crecimiento exponencial de esta actividad industrial, por lo que si se logra probar que el uso del ácido húmico en el cuero combinado con la tara nacional es viable y reporta buenas características de producción se puede utilizar a nivel industrial, disminuyendo las importaciones, abaratando costes de producción y diversificando la actividad industrial del Ecuador, ya que además de la curtición, se puede probar el ácido húmico en otras etapas de la transformación de las pieles (recurtido, tinturado) que sean relacionadas a mejorar la calidad de la piel, logrando así incluir el ácido húmico como un producto en la etapa productiva.

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo General

- Desarrollar una formulación de curtición de piel caprina con diferentes concentraciones de ácido húmico y un porcentaje fijo de tara en la empresa el AL-CE.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Caracterizar a través de pruebas físico- mecánicas el cuero curtido con ácido húmico y tara.
- Evaluar mediante pruebas sensoriales la calidad de cuero resultante de la combinación de ácido húmico con tara.
- Efectuar los análisis químicos al cuero resultante del proceso de curtición de ácido húmico en combinación con tara.

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Los estudios realizados anteriormente sobre el proceso de curtición en base a agentes que reemplacen al cromo es una pauta muy importante que permiten conocer al investigador los aspectos positivos y negativos de dichos estudios, así como también su metodología y los resultados que se han obtenido con ello y a partir de estas investigaciones obtener antecedentes como referencia para el desarrollo de la presente investigación, a nivel nacional e internacional se han desarrollado estudios sobre el proceso de curtición sin la utilización de cromo, que se detallan a continuación:

Según Taday (2016) en su proyecto: “Curtición de pieles de cabra, con el 15% de diferentes curtientes vegetales (quebracho, tara y mimosa)” describe que se llevó a cabo la curtición de 24 pieles caprinas divididas en tres tratamientos y 8 repeticiones por cada tratamiento las cuales fueron modeladas bajo un Diseño Completamente al Azar simple. De esta manera el agente curtiente que brinda buenas características al cuero final es la tara, tanto en su resistencia a la tensión (1814,30 N/cm²), porcentaje de elongación (50,62%), y resistencia a la abrasión en seco (225 ciclos). En cuanto a la calificación sensorial se obtuvo resultados muy buenos al curtir con tara en las pruebas llenura y blandura con un valor de 4,63 puntos, así como también una redondez excelente que fue de 4,75 puntos. Por lo tanto, al curtir con tara a una proporción del 15 % se obtienen buenos resultados dando un antecedente muy importante a la presente investigación para realizar el proceso de curtición caprina con la utilización de 15 % de tara en combinación con ácido húmico con la finalidad de determinar mejores características físico-mecánicas y sensoriales del cuero terminado.

Por otro lado, Puente (2018), en su proyecto de investigación: “Aplicación de un proceso de curtido de pieles bovinas sin cromo utilizando oxazolidina en combinación con *Caesalpinia Spinosa* (tara)” describe las diferencias que existe en la calidad del cuero terminado : tanto en sus resistencias físico-mecánicas, sensoriales y el comportamiento funcional en base a este proceso de curtición en comparación a las de sales de cromo, obteniéndose los mejores resultados en las pruebas físico mecánicas al utilizar 5% de oxazolidina en combinación con 12% de *Caesalpinia Spinosa* (Tara) alcanzándose además una temperatura de contracción de 80 °C .Con esta

investigación es muy importante tener en cuenta que el objetivo principal de utilizar curtientes vegetales está dirigido hacia el control de disminuir los productos químicos que aumentan la carga contaminante en las aguas residuales de los procesos de curtiembre sobre todo por el uso del cromo III, es por ello que se busca con estas investigaciones mejorar las propiedades físico-mecánicas y sensoriales del cuero con lo que se determinará una mayor rentabilidad al dejar de utilizar el proceso de curtición con cromo y así poder establecer una formulación estandarizada que permita de esta manera realizar la producción de pieles a partir de procesos de curtición en base a agentes que reemplacen al cromo.

Además, Maya (2016), en su proyecto: “Curtición de piel caprina con la utilización de diferentes niveles de tara (10,12 y 14%) y un porcentaje fijo de glutaraldehído para la obtención de cuero para calzado” describe que los mejores resultados en las pruebas físicas: resistencia a la tensión (3407,74 N/cm²), lastimetría (9,06 mm) y mayor resistencia a la temperatura de encogimiento (87,92°C), se obtuvo al curtir las pieles con 10% de tara, al igual que la mejor calificación sensorial de blandura; con una ponderación de 4,75 puntos de acuerdo a la escala de Hidalgo, L. (2016), el mayor valor de llenura y redondez compartieron puntuación de 4,67 puntos al curtir con 14% de tara. A partir de este último estudio se establece una pauta muy importante ya que el realizar un proceso de curtición mixta mejoran aún más las propiedades físico-mecánicas del cuero terminado en comparación a la curtición con un solo agente que reemplace al cromo, es por ello que la presente investigación plantea una curtición mixta con ácido húmico y tara esperando que las fibras de colágeno con estos agentes que poseen grupos carbonilos, carboxílicos y fenólicos, entre otros, curtan de una mejor manera la piel caprina para así determinar una mejor calidad del cuero terminado y que el proceso de curtición tenga un porcentaje mayor de rentabilidad que los estudios ya realizados y con ello disminuir la contaminación provocada por la curtición con cromo sobre los diferentes ecosistemas que rodean una curtiembre.

2.2. Marco Conceptual

2.2.1. *Histología de la piel*

Es importante destacar que el color y grosor de la piel depende de la edad y especie de cada tipo de animal, sin embargo, está formada por tres capas sucesivas, que van desde la superficie hasta la más profunda. En cuanto al proceso de curtición únicamente se necesita de la capa intermedia de la piel denominada dermis la cual contiene una gran cantidad de colágeno que permite reaccionar con los productos curtientes utilizado estabilizando a la piel y transformándose en cuero terminado, a continuación, se describe cada una de las capas que compone la piel (Fossum, 2009a: p.159):

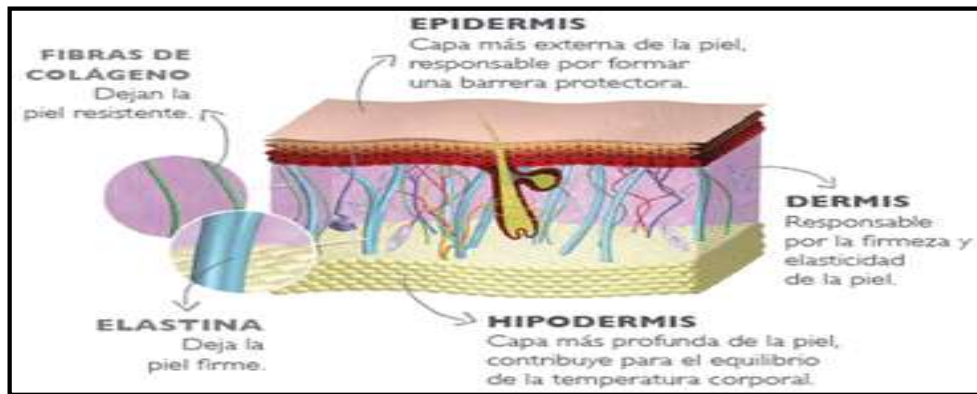


Figura 1-2: Representación esquemática de las capas de la piel
Fuente: (Maya,2016)

2.2.1.1. Epidermis

Representa la parte externa de la piel del animal, es una capa fina y protectora. Primordialmente fina en regiones con abundante pelo y gruesa en regiones con menor cantidad de pelo que varía su espesor entre 0.04 a 0.4 m. En cuanto a su separación del corium y capa subcutánea para el proceso de obtención de cuero se elimina mediante el proceso de pelambre y calero (Fossum, 2009b: p.159).

2.2.1.2. Dermis o Corium

Es la parte principal de la piel que se utiliza en el proceso de curtición para la producción de cuero terminado. Por cuanto la dermis es la capa de la piel que se ubica por debajo de la epidermis (separada por la membrana hialina) y se extiende hasta la capa subcutánea o hipodermis. Se distinguen dos capas (Fossum, 2009c: p.159):

- La capa de flor o papilar: es la capa que condiciona el aspecto del cuero terminado aportando en especial a su experiencia estética. Se encuentra formada principalmente por fibras de colágeno y elásticas que refuerzan su estructura. Además, contiene vasos sanguíneos, linfáticos, conductos, nervios, glándulas, folículos pilosos y fibras musculares lisas.
- La capa reticular: representa aproximadamente entre el 50-80% del total de la dermis dependiendo el tipo de animal. Su principal constituyente es la proteína de colágeno, por lo tanto, su estructura fibrosa está formada por fibras de colágeno, que expuestas a la acción del agua caliente se convierte en gelatina. El colágeno es una proteína indispensable de la

piel debido a que además de brindar de rigidez a la piel es el responsable de la tenacidad y viscosidad

2.2.1.3. *Capa Subcutánea o Hipodermis*

Parte de la piel que se ubica por debajo de la dermis que se encuentra unida al cuerpo del animal. En esta capa se encuentran fibras las cuales contienen células grasas en menor o mayor cantidad que difieren del tipo de animal; por otra parte, contienen, además, vasos sanguíneos muy gruesos y nervios. Todos estos tejidos combinados conforman la carne como se expresa en la práctica de curtidos, referente a la piel fresca “carnaza” una vez la piel está en tripa. Esta parte de la piel se separa mecánicamente de la dermis mediante la operación de descarnado (Fossum, 2009d: p.159).

2.2.2. *Partes de la piel animal*

Al mirar la piel de un animal existe notoriamente diferencias dependiendo de la parte del animal que se observa. De esta manera existen partes del animal que se define como cuello, crupón y falda que se distingue una de otra por su densidad, espesor y uniformidad (Luna, 2014a: p.10).

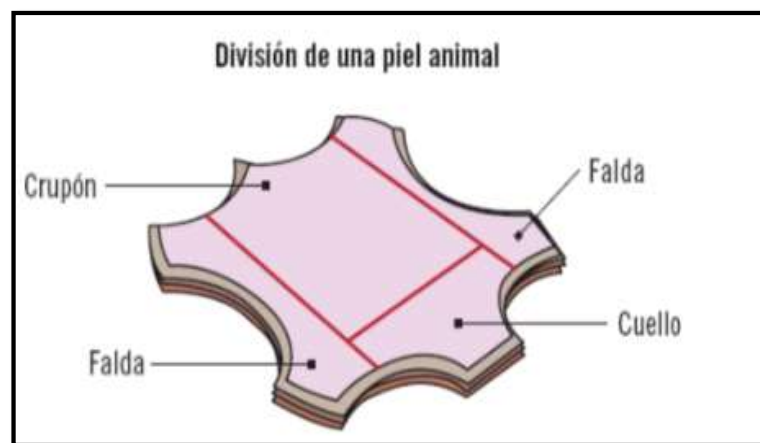


Figura 2-2:Partes representativas de la piel del animal.

Fuente: (Luna,2014)

2.2.2.1. *Cuello*

Su grosor y aspecto es irregular debido a que posee muchas arrugas y se deforma fácilmente principalmente al presionarla. Además, esta parte pertenece a la piel del cuello y cabeza del animal como se indica en su propio nombre (Luna, 2014b: p.15).

2.2.2.2. *Crupón*

Es la parte más importante de la piel debido a su homogeneidad tanto en grosor como en su estructura dérmica por lo que posee una mayor compactación que las otras. Pertenece a la parte de la piel después de separar el cuello y las faldas (Luna, 2014c: p.16).

2.2.2.3. *Faldas*

Sus partes son poco consistentes y se deforma fácilmente. Corresponde al vientre y patas del animal. Se utiliza principalmente para forros experimentos debido a sus características. Es importante destacar que independientemente de las partes de la piel animal se diferencia dos caras: una parte superior donde se ubica el pelaje llamada flor y otra, su parte inferior que es la superficie afelpada o revés de la piel del animal (Luna, 2014d: p.16).

2.2.3. *Tipos de pieles de animales*

En el mercado existen diferentes tipos de pieles que se clasifican por tamaño, peso, origen y calidad según la procedencia del animal, por cuanto los de menor tamaño presentan un mayor valor económico debido a su finura, textura y grano, sin embargo, para su utilización en la fabricación de calzado, marroquinería y vestimenta se debe tener en cuenta las características primordiales de los tipos de pieles existentes que se detalla a continuación: (Salguero, 2018, p.35).

2.2.3.1. *Bovinos*

Los cueros bovinos generalmente son grandes, resistentes debido al grosor que tienen y además pueden ser moldeados con facilidad. Presentan un cuerpo poroso, fuerte y suave que pertenecen a animales adultos, sin embargo, estas pieles tienen defectos en la flor (Luna, 2014, p.25).

2.2.3.2. *Caprinos*

Las pieles caprinas son pieles bastante finas de grosor limitado en comparación a la de cueros vacunos. La capa de la flor ocupa más de la mitad del total del espesor de la dermis. Se caracterizan por su durabilidad, flexibilidad y resistencia, esta característica se acentúa en la capa de flor cuya estructura compacta y muy cerrada se encuentra atravesada por numerosas fibras elásticas, lo que hace que la flor de cabra sea dura y muy resistente al uso. Principalmente se utiliza para la fabricación de marroquinería de muy buena calidad como para aplicaciones de guarnicionería. (Barretto (2006, p.40),

Los cueros caprinos se clasifican de acuerdo a su edad peso en función a sus pieles en:

- Cabritos. Son los animales que se alimentan de la leche materna hasta los dos meses y su cuero pesa hasta 150 gramos.
- Pastones. Poseen una edad de 2- 4 meses y sus pieles pesan desde 150-350 gramos.
- Cabrioles y Cejados. Corresponden a los animales machos y hembras de 4-6 meses de edad respectivamente que poseen un peso entre 350-500 gramos.
- Cabras machos. Poseen una edad mayor de 6 meses que pesan sus cueros más de 500 gramos
- Cabras hembras. tiene una edad mayor a los 6 meses y su peso se encuentra entre 500-1500 gramos.
- Chivos. pesan más de 1500 gramos.

2.2.3.3. *Ovinos*

Es importante destacar que las pieles de ovino que tienen mayor calidad son las proceden de animales jóvenes y de los distintos animales que sea desvalorizada su lana, esto se debe a que la mayor cantidad de ovinos se cría para la producción de carne y lana. Principalmente las pieles de ovino son finas, flexibles que se caracteriza por poseer una flor homogénea utilizada para la fabricación de guantes, confección (Luna,2014, p.25).

2.2.4. *Composición Química de la piel caprina*

La piel se encuentra formada principalmente por: agua, proteínas, minerales y sustancias grasas.

2.2.4.1. *Agua*

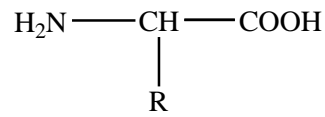
Es importante destacar que las pieles con mayor finura y esponjosidad poseen una mayor cantidad de agua que las que tienen más espesor. En cuanto al porcentaje de agua tenemos que las pieles de cabra poseen un porcentaje de 80 a 82 % de agua siendo superior dicho valor en relación a pieles de bovinos y menor en comparación con la de ovejas (Lacerca,1993, p.59).

2.2.4.2. *Proteínas*

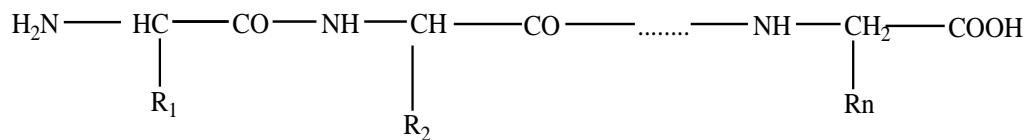
Es el constituyente principal de la piel con un porcentaje alrededor del 33% del total del mismo. Por otra parte el colágeno es una proteína formada por la combinación de α -aminoácidos unidos

entre sí por uniones amídicas llamadas enlaces peptídicos (-CO-NH-) formando cadenas polipeptídicas que constituyen las proteínas (Arias ,2006, p.313).

α – aminoácido:



Proteína:



No obstante, la piel se encuentra formada por dos tipos de proteínas que se describe a continuación:

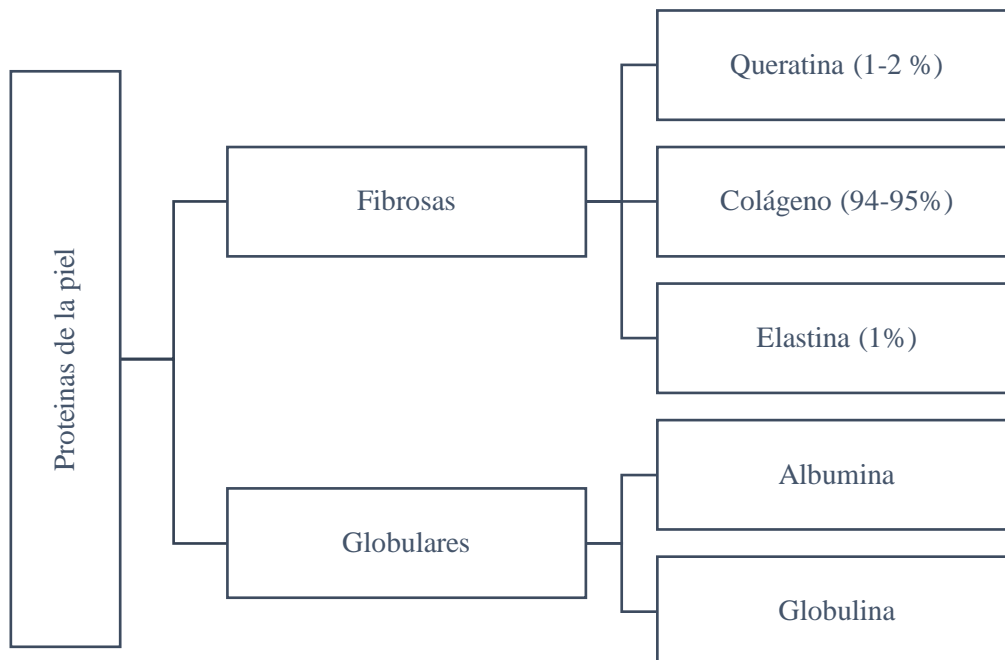


Gráfico 1-2: Esquema representativo de las proteínas de la piel.
Realizado por: Barzallo Diego,2018

2.2.4.3. *Minerales y Substancias grasas*

En términos generales la cantidad de minerales que contiene la piel es aproximadamente del 0.5% . En cuanto al porcentaje de grasa las pieles de cabra poseen del 3 al 10% sobre piel seca presentando un valor inferior en comparación con pieles de ovinos y cerdo (Hidalgo,1999, p.18).

2.2.5. Calidad de las pieles caprinas

De acuerdo con González (2005, p.54), describe que la calidad de las pieles en general influye en las características físico-mecánicas del cuero terminado en relación a los estándares de calidad establecidos, por lo tanto, la calidad de las pieles caprinas se debe a distintos factores que se detalla a continuación:

- Edad del animal, puesto que es una característica primordial para definir la calidad de la piel caprina ya que cuando mayor edad tiene el animal menor será el valor económico que se obtiene de ella.
- Alimentación, ya que cuando mayor cantidad de nutrientes consume el animal mayor será la calidad de la piel que tenga el animal por ello el estado de nutrición es un factor importante.
- Periodo de sacrificio, puesto que en el verano el pelo de la piel caprina posee menor finura que en el invierno.
- Correcto desollado, ya que una vez el animal ha sido sacrificado se procede al desprendimiento de la piel del animal teniendo un buen cuidado para evitar cortes en la piel que desvaloriza su precio. En general, la piel obtenida por desuello de animales muertos por enfermedad, es vacía y esponjosa, como resultado de que la sangre queda dentro de la piel.
- Presentación, ya que la piel es el reflejo del estado de salud del animal y entre mayor presencia de golpes quemaduras entre otras, menor será la calidad de la piel caprina.
- Estado de conservación, esto se debe cuando las pieles no son utilizadas una vez desolladas y frescas para la producción de cuero, por lo tanto, se busca conservar las pieles caprinas a través del salado, secado o deshidratación.

2.2.6. Defectos de las pieles caprinas

Los defectos producidos en las pieles caprinas durante la vida del animal afectan directamente en la estructura de la piel y desvalorizan su calidad ocasionando pérdidas económicas sobre ella en su venta como materia prima para la producción de cuero caprino. Según González (2005, pp.55-56), afirma que: “Estos defectos pueden aparecer por una acción mecánica (quemaduras producidas

por fuego o cicatrices de operaciones quirúrgicas), por origen parasitario (la sarna o los barros) y por enfermedades o producidos por excrementos y orina, etc.

2.2.7. El Curtido

De acuerdo con Luna (2014, p.30): “El curtido es una operación físico-química que a través del mismo se transforma la piel del animal en cuero terminado.

- Físico: debido a la absorción y penetración del curtiente en los poros de la piel.
- Químico: por la combinación de los productos químicos con las proteínas que se encuentran en la piel formando compuestos complejos con la finalidad de combinarse completamente hasta su capa interior.”

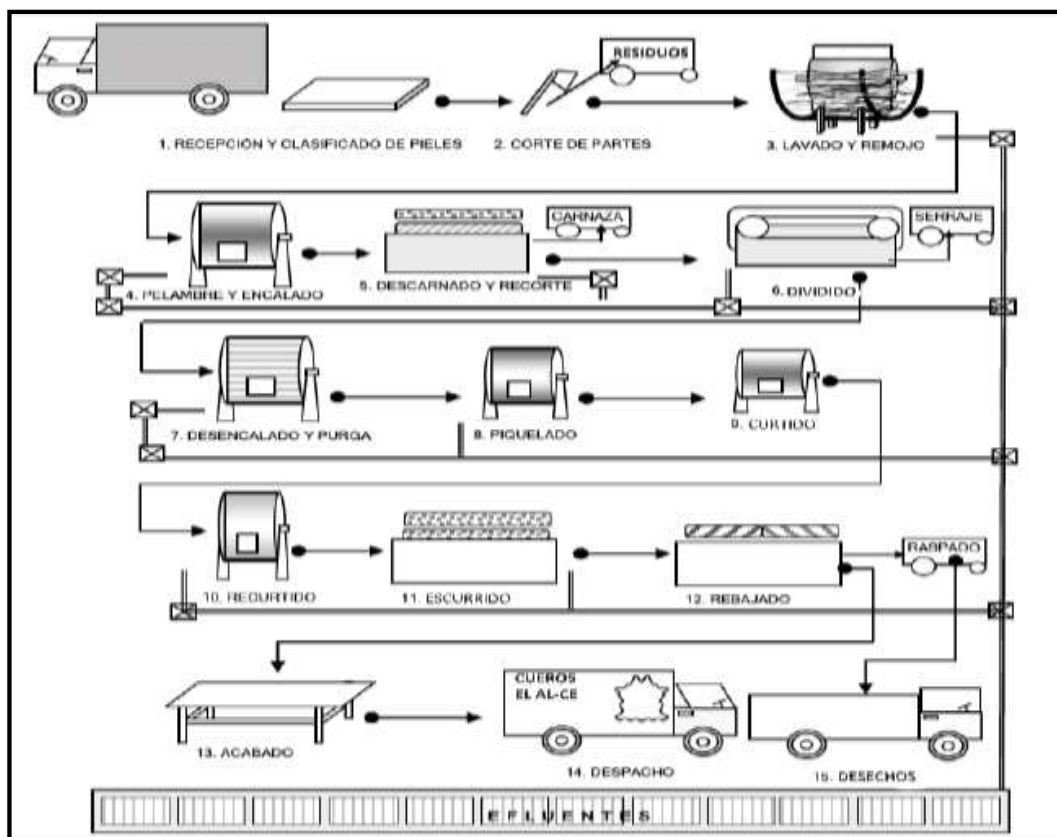


Figura 3-2:Diagrama ingenieril del proceso de curtición
Realizado por: Barzallo Diego, 2018

2.2.7.1. Operaciones previas

El proceso de curtido inicia con el proceso de desuello que consiste en separar la piel del animal una vez haya sido sacrificado, posteriormente se lleva a cabo la conservación de las pieles mediante el salado para evitar su putrefacción, así como también se elimina impurezas y se recorta

las partes no deseables para el proceso de curtición con la finalidad de empezar con las operaciones en húmedo o fase de ribera. (Castells,2012, p.194).

2.2.7.2. Operaciones en húmedo o ribera:

Las operaciones iniciales que se llevan a cabo en los procesos de curtición son las “operaciones en húmedo o ribera” y esto se debe a la necesaria presencia de agua en todas estas operaciones como son: el remojo, el pelambre, el calero, el descarne, el dividido, el desencalado y el rendido con la finalidad de preparar a la piel para que los productos curtientes penetren hasta interior (Morera ,2000, p.12).

2.2.7.3. Curtición

El proceso de curtición engloba el piquelado y la curtición que tienen como objetivo primordial lograr una estabilización del colágeno en relación a los fenómenos hidrolíticos provocados por el agua y/o enzimas. Por otra parte, la curtición permite obtener una piel resistente a temperaturas superiores que en su estado natural (Castells,2012, p.194).

2.2.7.4. Operaciones de post-curtición

Una vez obtenida la piel curtida se lleva a cabo operaciones tales como la recurtición mediante productos curtientes, tintura que brinda el color a la piel, y engrase que lubrica al cuero brindando una flexibilidad adecuada dependiendo las características que se quiera dar al artículo de cuero terminado. Otras operaciones que se llevan a cabo son el escurrido, estirado y secado de la piel cuya finalidad es proporcionar a la estructura interna de la piel durabilidad y que cumpla con los requerimientos de calidad para su utilización en calzado, marroquinería y vestimenta (Morera,2000, p.12).

2.2.7.5. Operaciones de acabado

Son operaciones físico mecánicas que proporcionan un tratamiento superficial a la piel con la finalidad de obtener un cuero de calidad para su comercialización (Luna,2014).

2.2.8. Sistemas de curtido

Los productos curtientes principalmente utilizados en la industria del cuero para convertir la piel en producto terminado pueden ser de origen vegetal o mineral. En la actualidad, la mayoría de

países europeos utilizan productos curtientes vegetales brindando artículos ecológicos amigables al ambiente tanto en los productos terminados como los efluentes producidos durante el proceso.

2.2.8.1. Origen vegetal

Es importante destacar que en la actualidad existen diferentes tipos de curtido, sin embargo, el curtido a base de agentes vegetales es el principal método que utilizan países desarrollados como Europa debido a que su proceso de curtición para la obtención de cuero terminado es amigable con el ambiente y brinda al cuero características únicas y naturales en relación a los otros sistemas de curtido. (Corredor,2006, p.18).

Por lo tanto, los productos curtientes más empleados de origen vegetal son los taninos naturales, que se extraen de diversas plantas, las principales son las que provienen de maderas curtientes como el Quebracho (*Schinopsis lorentzii*), Mimosa (*Acacia dealbata*), Castaño (*Castanea sativa*), vainas de Tara (*Caesalpinia spinosa*), como también de ciertas cortezas tanantes como el pino, nagal, eucalipto y roble .Finalmente, los cueros curtidos sin cromo se conocen como wet white debido al color claro que se obtiene después de la curtición con características de un cuero grueso resistente y poco flexible utilizado para la fabricación de calzado (Barretto,2006, pp. 72-73).

2.2.8.2. Origen mineral

El principal agente curtiente de origen mineral para la curtición de cuero son las sales de cromo III, el más común es el sulfato monobásico de cromo III la cual es la más utilizada en el Ecuador para formar enlaces estables con el colágeno y obtener un cuero suave y calibre delgado para fabricación de marroquinería y calzado con una temperatura de contracción de 100°C sin que se encoja, característica primordial para la fabricación de calzado de muy buena calidad. Por otra parte, otro curtiente que es importante son las sales de aluminio en forma de sulfato de aluminio, sin embargo, proporciona poca resistencia al agua y a la temperatura. (Corredor,2006, pp.18).

2.2.9. Efectos ambientales de la curtición con cromo

La curtición a base de sales de cromo en su forma sulfato monobásico de cromo III genera grandes afectaciones al medio ambiente puesto que el cromo que penetra y se fija en el interior del cuero es aproximadamente del 60 a 80% del total mientras que el cromo restante se queda en las aguas residuales resultantes del proceso de curtido (Moroch,2017, p.27).

En este efluente líquido el cromo se encuentra en mayor cantidad en su forma de cromo (III) que es menos tóxica, sin embargo, puede oxidarse a cromo (VI) en el agua y suelo dependiendo las condiciones existentes en el medio respectivo. Los parámetros que deben ser monitoreados para verificar la contaminación de los efluentes líquidos deben ser: Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), demanda química de oxígeno (DQO) y cromo hexavalente. Por lo tanto, las descargas de este efluente líquido en el agua disminuyen su calidad lo cual provoca efectos negativos tanto en la vida acuática ya que los peces mueren por la disminución de oxígeno disuelto en la misma como también se puede generar contaminación de las aguas subterráneas que es un problema serio ya que su autodepuración es lenta. Además, no es apta para el consumo humano como tampoco para su uso industrial (Gutiérrez, et al., 2010, p. 48).

En cuanto al tratamiento que se realiza a las aguas residuales resultantes de la curtición con cromo se obtienen lodos que esta constituidos por productos orgánico procedentes de la piel y grasas y de productos inorgánicos que provienen de las sustancias químicas que se utiliza para la curtición como el cromo, sin embargo, su disposición final es como abonos orgánicos, incineración, disposición en vertedero o producción de pastas cerámicas donde se debe considerar su toxicidad para evitar problemas graves en su disposición (Medina y Pozo,2016: p.85).

Por otra parte, también se generan residuos sólidos proceden de los recortes de cuero curtidos para verificar la calidad del cuero como también de las virutas de cromo obtenida después del proceso de raspado con la finalidad de conseguir un espesor igual en el cuero curtido. La descarga de estos residuos en terrenos agrícolas puede a veces ser favorable ya que el suelo puede neutralizar la carga contaminante, sin embargo, en la mayoría de casos ocasiona efectos negativos en la estructura del suelo reduciendo de esta manera la producción agrícola y acelerando la erosión (Rojas, 2010, p. 30).

Es importante destacar que la oxidación de cromo trivalente a hexavalente habitualmente no sucede de forma natural, sin embargo, no hay garantía que el cromo trivalente que se halla en forma de óxidos, hidróxidos o sulfatos se encuentre permanentemente en ese estado químico, por lo tanto, un ejemplo práctico que sustenta la oxidación del cromo (III) a cromo (VI) es cuando se deposita en un mismo medio residuos de cromo (III) junto con otros efluentes líquidos que proceden de la misma curtiembre o residuos cloacales con algunas cantidad de óxido de manganeso (MnO_2) u óxido de hierro (Fe_2O_3) donde se oxida el cromo trivalente en cromo hexavalente el cual es cancerígeno (Medina y Pozo,2016: p.94).

De acuerdo con (Alessandrello, 2015, p. 7), “los efectos negativos que causan el Cr VI dependen del tipo de contacto con el individuo en ese instante. Por vía oral ocasionar dolor abdominal, vómitos

y diarrea, por inhalación ocasiona irritación nasal, bronquitis, y cáncer, por contacto con la piel produce quemaduras, irritación, dermatitis y hasta la muerte.”.

2.2.10. Operaciones de curtición de pieles caprinas

Las operaciones que se llevan a cabo para la curtición de piel caprina se deben detallar minuciosamente con la finalidad de entender el objetivo principal que conlleva realizar cada una de las operaciones para la producción de cuero caprino terminado.

2.2.10.1. Remojo

Es la primera operación a la que se someten las pieles en bruto (fresca, salada o seca) una vez que ingresan a la curtiembre y este consiste en un proceso unitario colocando las pieles en una tina, bombo o molinete con agua: tiene como objetivo humectar y quitar de las pieles las materias extrañas y devolverlas al estado de hidratación que tenían como pieles frescas. La complejidad del remojo depende del método de conservación utilizado, las frescas no necesitan de remojo, sino de un lavado para limpiar la sangre, linfa y excrementos a profundidad. La duración del remojo va desde las 12 a 24 horas o más dependiendo el estado de conservación (Morera,2000, p.7).

Las finalidades del remojo se consiguen mediante el uso de agua como producto principal, además se utilizan otros productos como: tensoactivos que permite que el agua penetre con mayor facilidad a la piel, antisépticos que evita el crecimiento bacteriano, enzimas que ayudan a solubilizar las proteínas interfibrilares , y productos basicantes como el carbonato de sodio o el sulfuro de sodio, que neutralizan los ácidos grasos que se producen por oxidación de las grasas naturales, formando jabones que favorecen la humectación de la piel (Soler,2000,p.23).

2.2.10.2. Pelambre y calero

Una vez humectada la piel mediante el remojo se realiza posteriormente la operación de pelambre y calero que tiene dos finalidades eliminar del corium, la epidermis con el pelo o la lana y producir un ablandamiento de la estructura fibrosa del colágeno con el fin de preparar la piel para las transformaciones químicas de curtición. Los productos químicos principalmente utilizados son el sulfuro de sodio que por su carácter reductor rompen los puentes de disulfuro de la proteína del pelo(queratina) y cal que rompe los puentes de hidrógeno que existen entre las fibras de colágeno y permiten un ablandamiento de la piel (Morera,2000, p.8).

La operación de pelambre y calero se realiza mediante dos procedimientos. Primero se lleva a cabo el pelambre por embadurnado que consiste en realizar una pasta formada de cal, sulfuro de sodio y agua a una determinada temperatura. Esta pasta obtenida se coloca homogéneamente en el lado de la carne de la piel caprina con la finalidad que por difusión los productos químicos depilantes lleguen a la raíz de pelo destruyéndola y de esta forma mediante aparatos mecánicos que pueden ser un cuchillo con punta redonda sin filo elimine la parte de la epidermis de la piel. En términos generales, la cantidad de productos químicos depilantes utilizados, así como el tiempo y tipo de proceso será primordial para un buen curtido de la piel así como también la blandura y la resistencia físico mecánicas que se desee obtener en el producto terminado (Soler,2000,p.33).

Después se realiza la operación de pelambre en bombos, molinetes o mezcladores con la finalidad de retirar la piel que no ha sido desprendida de la dermis particularmente las partes externas de la piel, esto se consigue colocando cal y sulfuro de sodio diluidas en agua en el bombo por un determinado tiempo que varía de 18 a 24 horas generalmente con lo cual se provoca además un hinchamiento en la fibras y fibrillas del colágeno (Luna,2014, p.55).

2.2.10.3. Descarnado

El objetivo primordial de esta operación es la limpieza de la piel retirando el tejido subcutáneo y adiposo que deben ser retirados en las primeras etapas de producción de cuero, con la finalidad que penetren en la piel los agentes químicos que van hacer aplicados en las siguientes operaciones y el de lograr un calibre más regular posible en la piel. Se puede realizar manualmente con el empleo de una cuchilla descarnadora, pero es difícil y lento, por lo tanto, realiza mediante una maquina especializada (Morera,2000, p.9).

2.2.10.4. Dividido

Es importante destacar que cuando la piel es bastante gruesa para el artículo requerido, se realiza el dividido que tiene como objetivo brindar a la piel un calibre regular y estandarizado, esto se realiza mediante una máquina de dividir cuya finalidad es seccionar la piel es decir separar el lado de la flor del lado de la carne, mediante una cuchilla en forma de cinta sin-fin. Los residuos generados (serraje) son destinados a la elaboración de colas y gelatinas (Soler,2000, pp. 44-45).

2.2.10.5. Desencalado

Es una operación que se realiza para eliminar la cal precipitada entre las fibras de la piel y los productos alcalinos existentes en los espacios interfibrilares de la piel, con ello se logra el hinchamiento alcalino de la piel apelambrada. Es importante eliminar estos compuestos debido a que generan problemas de absorción impidiendo un buen proceso de curtido como también se generan cueros terminados pocos resistentes y con manchas (Gonzales,2004, p.34).

Los productos químicos utilizados principalmente para el desencalado en la industria de curtiembre son el metabisulfito de sodio y el sulfato de amonio. Se efectúa particularmente a un pH entre 8 y 9 y a una temperatura de unos 35°C, tanto para favorecer la solubilización y que el baño sea apropiado para aprovecharlo en la siguiente operación que es el rendido (Morera,2000, p.9).

2.2.10.6. Rendido

El objetivo del rendido es lograr por medio de enzimas proteolíticas un aflojamiento de la estructura interna de las fibras de colágeno con la finalidad de garantizar la máxima superficie reactiva a los productos curtientes que se van aplicar en el proceso de curtición. Además, elimina de la piel restos de epidermis, grasa y pelo que son componentes que no se transformaran en cuero (Gonzales,2004, p.35).

2.2.10.7. Desengrase

Esta operación es importante para remover la grasa natural de los espacios interfibrilares de la piel y conseguir así una buena penetración de los productos químicos utilizados en los procesos posteriores como la curtición, engrase, tintura. Se realiza normalmente en el bombo después del rendido o del proceso de piquelado a baño de 30-35°C utilizando generalmente tensoactivos y disolventes no miscibles (Soler,2000, pp. 58-59).

2.2.10.8. Piquelado

Esta operación impide de manera definitiva la acción de las enzimas del proceso de rendido y prepara la piel para la curtición. El producto químico principalmente utilizado es el ácido fórmico que elimina el álcali enlazada a la piel, produciendo de igual manera un descenso de pH entre 3-3.5 lo que permitirá al curtiente utilizado a adquirir cargas positivas. Además, mediante el piquelado se ataca las fibras del tejido adiposo (grasas) especialmente en pieles con poca grasa, por lo que es común realizar el piquelado seguido de un desengrase. (Morera,2000, p.11).

2.2.10.9. Curtición con extractos vegetales

En términos generales para que se lleve a cabo el curtido es necesario provocar la reacción entre los agentes curtientes que se utilice con los grupos reactivos libres de las cadenas laterales de las fibras de colágeno, además estos agentes curtientes deben reaccionar con la propia cadena de colágeno sustituyendo los puentes de hidrogeno existentes y otros enlaces naturales que se encuentra en la capa reticular. Por lo tanto, anulando la posibilidad de que al secar la piel húmeda se forme nuevamente los enlaces naturales y adquiera la piel un aspecto rígido y translúcido como un pergamino (Morera,2000, pp.10-11).

La fijación de los productos curtientes a base de agentes minerales (sales de Cr, Al, Ti) con las fibras de colágeno se realizan formando enlaces covalentes entre los grupos -COOH de la proteína (colágeno) de la piel y los complejos del metal. Por otra parte, la fijación de los productos curtientes vegetales con el colágeno se debe a la formación de diversos enlaces de tipo puente de hidrogeno y dipolares mediante los grupos amidicos o peptídicos de la proteína de la piel con los grupos hidroxilicos de los taninos (Soler,2000, pp. 58-59).

Los agentes curtientes utilizados en esta investigación son el ácido húmico y la tara (*Caesalpinia spinosa*) por lo que se detallarán posteriormente las características primordiales de estos agentes curtientes.

2.2.10.10. Rebajado

Antes de realizar esta operación es importante escurrir los cueros para eliminar el exceso de humedad que existe en los cueros curtidos. El objetivo principal del rebajado es obtener el espesor final que se desea para el producto terminado mediante una máquina hidráulica de raspado que su espesor depende del tipo de artículo que se va a fabricar como calzado, vestimenta o marroquinería, siendo para calzado un espesor mayor que los otros mencionados (Gonzales,2004, p.41).

2.2.10.11. Neutralizado

Antes de realizar un proceso de recurtición para mejorar la calidad del cuero es importante realizar un proceso de neutralizado para lograr que los agentes recurtientes penetren la piel, además se realiza con el propósito del regular el pH entre las diferentes pieles curtidas con los diversos tratamientos evitando que haya una sobrecurtición generando cueros de baja calidad (Morera,2000, pp.12).

2.2.10.12. Recurtición con extractos vegetales

La recurtición del cuero tiene como finalidad mejorar las cualidades del cuero curtido como un mejor aspecto de la flor, mejor plenitud de la piel debido a que el poder del relleno de los extractos vegetales mucho mayor que el cromo como también una igualación del color del cuero curtido, obteniéndose así mejores resultados en cuanto a los análisis físico-mecánicos y sensoriales como: llenura, finura de flor entre otras (Soler,2000, pp. 58-59).

2.2.10.13. Tintura

La tintura consiste en la aplicación de colorantes que pueden ser orgánicos e inorgánicos a la piel recurtida y el tipo de colorante utilizado dependerá del cuero que se desea producir. En las curtiembres generalmente se utilizan dos tipos de colorantes, el primero llamado colorante de penetración y el segundo colorante de atravesado o fijación. Estos colorantes brindan color a la piel asegurando que los colorantes utilizados penetren hacia el interior de la piel proporcionado así una mejor calidad al cuero de acuerdo a la tonalidad del color que se desee. Sin embargo, el color obtenido después del teñido puede modificarse en el engrase y se debe tener en cuenta para obtener el producto terminado deseado (Morera,2000, p.19).

2.2.10.14. Engrase

En términos generales el engrase comprende dos fenómenos: primero un fenómeno físico que es la penetración de la grasa y segundo un fenómeno químico que es la fijación de las grasas. El engrase para obtener un cuero más suave y flexible mediante la aplicación de grasas solubles o no en agua, esto mantiene las fibras separadas y lubricadas, además esta operación permite aumentar la resistencia al desgarrar y el alargamiento a la ruptura reduciéndose la ruptura de fibras y rozamiento al estirado del producto terminado (Morera,2000, p.20).

2.2.10.15. Secado

Es una operación física que su objetivo principal es eliminar parcialmente el agua que tiene el cuero después del engrase debido a que las operaciones posteriores al curtido se realizan en operaciones de húmedo. Por lo tanto, el tipo de secado depende del curtidor sin embargo esta operación reduce el agua contenida en el cuero hasta un 14%, como también ayuda a que los reactivos químicos que se encuentran en las fibras de la piel reaccionen por completo. El contenido de humedad se puede determinar mediante un higrómetro para cueros que permite

determinar el contenido exacto de agua que se encuentra en el cuero final después del engrase (Soler,2000, pp. 58-59).

Finalmente, los cueros que cumplan con el contenido de humedad adecuado pasan a las operaciones de acabo en seco que consisten en realizar operaciones físico mecánicas en la superficie del cuero utilizando productos como pigmentos, colorantes, lacas y proporcionar al cuero durabilidad y belleza. (Gonzales,2004, p.44).

2.2.11. Curtición con ácido Húmico

Los diferentes agentes curtientes utilizados para la curtición de piel deben ser por lo menos bifuncionales, sin embargo, la mayoría son polifuncionales con la finalidad que el agente curtiente utilizado reaccione con las fibras de colágeno al mismo instante. Además, al llevarse a cabo la curtición en medio húmedo, los productos curtientes deben ser solubles en agua o crear disoluciones coloidales de micela bastante pequeña (muy dispersas) (Morera,2000, p.12).

Por lo tanto, se ha propuesto utilizar el ácido húmico como agente curtiente debido a que en su estructura tiene grupos polifuncionales que permite que reaccione este ácido con las fibras de colágeno de la piel esperando obtener el efecto curtiente deseado para transformar la piel en cuero terminado apta para su comercialización y que cumpla con las características físicas-mecánicas, sensoriales y químicas de acuerdo a las normas estándares. En relación a su solubilidad el ácido húmico es soluble en agua por lo tanto este ácido debe ser diluido con anterioridad para evitar la formación de coloides, para su posterior utilización antes del proceso de piquelado (Doménech y Peral,2006: pp.10-11).

2.2.11.1. Conocimiento estructural del Ácido Húmico

Los ácidos húmicos son compuestos de alto peso molecular y es importante tomar en cuenta la reaccionabilidad de los ácidos húmicos en función a los diferentes grupos funcionales que posee en su estructura y la posibilidad de estos a reaccionar con las proteínas de la piel. Son indispensables aquellos grupos que puedan establecer enlace con los grupos amínicos(básicos) y carboxílicos(ácidos) de la piel, por ello se centra en los grupos reactivos oxigenados, sin embargo, de los que se espera que tengan los derivados húmicos (carboxilo, hidroxilo-fenólico, hidroxilo-alcohólico, carbonilo, acetal, éster, quinónico, lactona y éter) tienen importancia los grupos carboxílicos, hidroxilo(fenólicos y alcohólicos) y carbonilos no solo por su cantidad sino además por su reaccionabilidad con los grupos reactivos del colágeno (Ollé,2002,p.215).

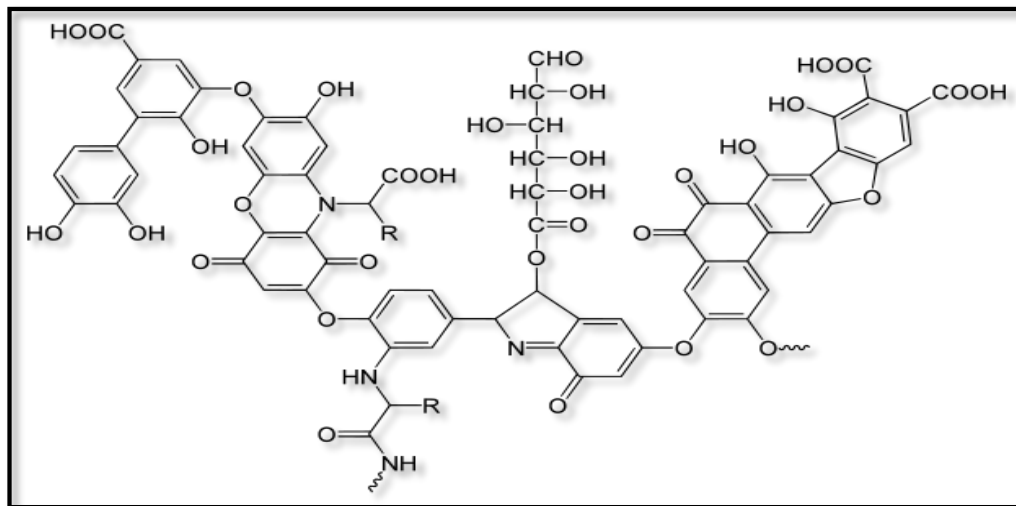
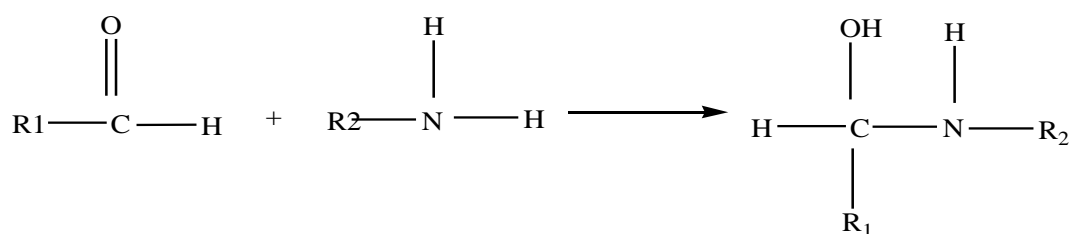
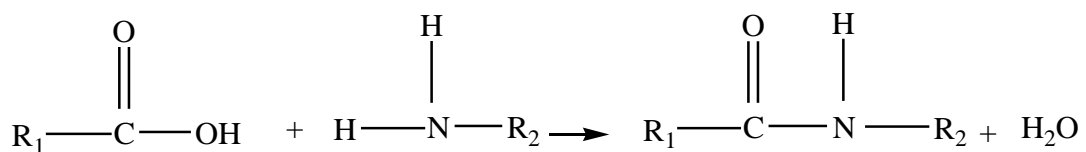


Figura 4-2: Estructura química del ácido húmico
 Fuente: (Ollé, 2002)

De esta manera se afirma que la masa molecular y los grupos reactivos laterales que conforma el ácido húmico es capaz para formar enlaces estables con dos o más fibras de colágeno permitiendo una estabilización de la misma que viene determinada por el aumento de la temperatura de contracción. Pese a no ser un curtiante autosuficiente es suficiente para continuar con el proceso de recurtición con el mismo ácido o con otros productos curtiantes o recurtientes debido a que son de fácil combinación con otros agentes (Morera, 2000, p.20).

Las principales reacciones producidas entre los grupos reactivos del ácido húmico y las fibras de colágeno son:



2.2.11.2. Ácido Húmico

En términos generales los ácidos húmicos son utilizados primordialmente en el suelo como fertilizante ya que actúan directamente sobre la nutrición de las plantas, sin embargo, se encuentran presentes en diversas fuentes por lo tanto entre mayor proporción contenga de ácido

húmico independiente de su origen y tipo de extracción (alcalina) será muy primordial para su utilización en la curtiembre. La principal semejanza de las diversas fuentes de las que se puede extraer ácido húmico es que todas proviene de la descomposición de materias orgánicas generalmente vegetales como producto final (Doménech y Peral,2006: pp.10-11).

Tabla 1-2: Contenido de ácidos húmicos y fúlvicos de diferentes componentes.

Componente	Ácidos Húmicos	Ácidos Fúlvicos
Leonardita/Humatos	40	85
Turba negra	10	20
Carbón bituminoso	10	30
Estiércol	4	15
Compost	2	5
Tierra de jardín	1	5
Lodos de depuradora	1	5
Carbón	0	1
Humus de lombriz	2.8	1.5

Fuente: (Payeras,2011)

Por otro lado, los ácidos húmicos que generalmente se comercializan en el mercado son extraídos de la leonardita debido a que contiene una mayor cantidad de ácidos húmicos, sin embargo, vienen acompañado de ácidos fúlvicos en una relación 2:1. En particular los productos a base de ácidos húmicos vienen acompañados de ácidos fúlvicos o viceversa (Kass,1996, p.98).

Finalmente, los ácidos húmicos no contienen metales pesados que generen contaminación en el suelo sino más bien ayuda en el crecimiento de la planta obteniendo resultados muy buenos al aplicar este ácido debido a su capacidad de intercambio catiónico como también su capacidad de incrementar la permeabilidad del suelo y su aireación aportando a las raíces de las plantas mayor cantidad de CO₂, además, neutralizan el suelo y ayudan a liberar los nutrientes fijados en el mismo. (Ollé,2002, p.222).



Figura 5-2: Ácido Húmico en forma sólida

Fuente: (Payeras,2011)

2.2.12. Tara (*Caesalpinia Spinosa*)

La tara (*Caesalpinia Spinosa*) es una planta leguminosa que es originaria del Perú, su utilización es muy importante en la industria de curtiembre ya que contiene un alto contenido de taninos (polifenoles de masa molecular variable) que se encuentran en los extractos vegetales, responsables de la curtición de la piel. A partir de las vainas de la tara (de tamaño aproximadamente 9 cm de largo y 2 cm de ancho) se obtiene tara en polvo del cual se extrae ácido tánico que se caracteriza por ser un agente astringente utilizado para la curtición de pieles como también ácido gálico y pirogálico, que tiene su aplicación en la industria farmacéutica y química. Por otro lado, las semillas de la tara se utilizan para obtener goma y colorantes de diversos matices mientras que el germen de la tara se usa de alimento para los animales vacunos (De la Cruz Lapa,2012, p.65).

En el Ecuador la tara se la conoce como guarango y crece como planta silvestre y nativa en diferentes provincias de la sierra como Chimborazo, Pichincha, Carchi, Azuay, Loja, Imbabura a una altitud desde los 1 500 hasta 3 000 metros sobre el nivel del mar (Narváez et al.,2010, p.7).



Figura 6-2:Planta de Tara (*Caesalpinia Spinosa*) sembrada en el Ecuador.
Fuente: (Agraria,2017)

En términos generales la tara en su estado natural contiene un porcentaje de taninos aproximadamente entre 35 y 55 %, sin embargo, al extraerlo de las vainas de la tara su porcentaje es del 72-75%. Los taninos forma complejos con las fibras de colágeno de la piel obteniéndose de esta forma una estabilización del colágeno debido a su penetración en el interior de la piel formando una cantidad suficiente de enlaces. Por otro lado, existen sustancias que no son de origen vegetal denominadas sintanos (contracción de taninos sintéticos) que también curten la piel debido a la estructura química que poseen. La diferencia del uso de la tara de otros agentes curtientes vegetales o sintéticos es la producción de cuero curtido de color blanco, resistentes a la luz y usados principalmente para la obtención de cueros de color pastel (De la Cruz Lapa,2012, p.71).

Tabla 2-2: Composición química de la Tara

Descripción	Vainas	Semillas	Gomas	Germen	Cáscaras
Humedad	11.70	12.01	13.17	11.91	10.44
Proteínas	7.17	19.62	2.5	40.22	1.98
Cenizas	6.24	3.00	0.53	8.25	3.05
Fibra bruta	5.30	4.00	0.86	1.05	1.05
Extracto etéreo	2.01	5.20	0.48	12.91	0.97
Carbohidratos	67.58	56.17	81.87	25.66	83.56
Taninos	62.00			22.67	
Azúcares			83.20		
Aceites		0.02			

Fuente: (De la Cruz Lapa Primo, 2014)

2.2.12.1. Estructura química de los taninos

Los taninos son moléculas fenólicas de masa molecular elevada que posee un pH de 3.7, el cual permite formar complejos estables con las proteínas de la piel ya que establece una cantidad suficiente de enlaces para estabilizar el colágeno. Es importante destacar que los enlaces más estables entre tanino: proteína se alcanzan con pesos moleculares que comprende entre 600 y 3500, por lo tanto, si su masa molecular es mayor existe riesgo que las moléculas fenólicas no lleguen a acercarse a los sitios activos de la proteína de la piel para poder reaccionar y formar los complejos estables tanino: proteína dando como resultado un enlace menos estable (Martínez 2001, p.65).

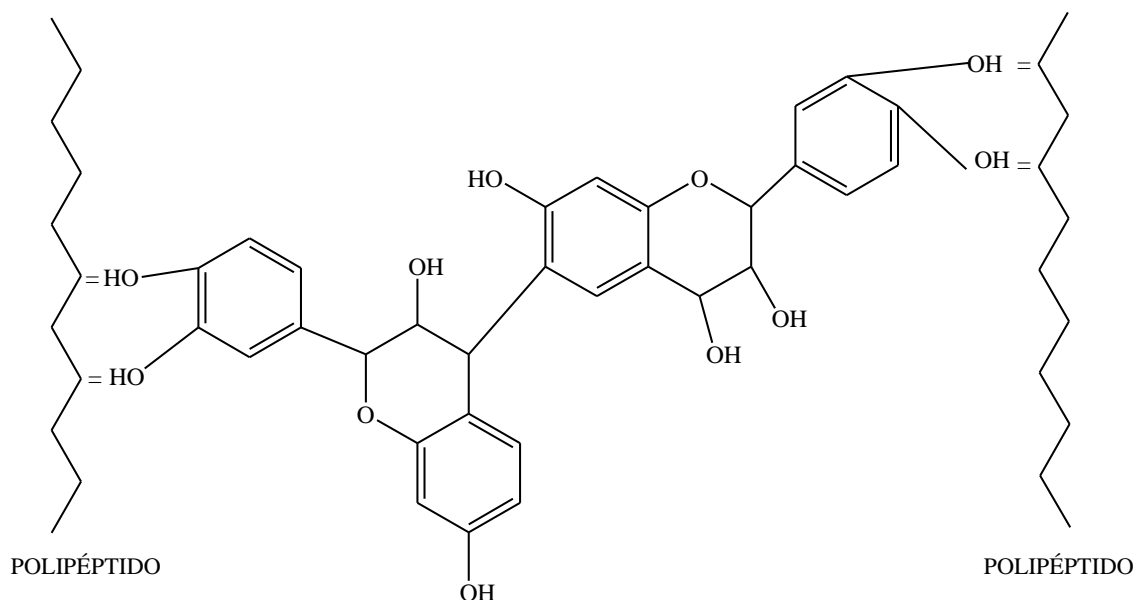
Los taninos se clasifican químicamente en dos grupos: los taninos hidrolizables (o gálicos) y los condensados. Los primeros contienen ésteres de los ácidos gálicos y elágicos de alto peso molecular, y los segundos son similares a productos de condensación del fenol. Además, estas plantas vegetales contienen no taninos que son de peso y tamaño molecular bastante bajo y poco multifuncionales, por lo tanto, tienen una reactividad menor con el colágeno a comparación de los taninos (Morera, 2000, p.12).

Los taninos generalmente reaccionan con las fibras colagénicas que son entrecruzadas por lo polifenoles y forman complejos tanino: proteína dando como resultado una curtición vegetal. No obstante, la solubilidad no es primordial para permitir la formación de los complejos tanino: proteína debido a que los polifenoles procedentes de la tara y las proteínas de la piel pueden constituir complejos solubles o insolubles en agua debido a que algunos polifenoles insolubles (no extraíbles) tienen la capacidad de precipitar las proteínas de una solución y viceversa. Sin embargo, si existe mayor concentración de proteínas en la curtición se lleva a cabo la disolución de los precipitados (Soler, 2000, p. 99).

Según Martínez (2000, p.66), afirma que las proteínas precipitan debido a que los compuestos fenólicos de la tara forman una capa exterior hidrofóbica en su superficie, en lugar de la capa hidrofílica que rodea a las proteínas solubles. En la formación de los complejos tanino: proteínas existe cuatro tipos de uniones que se llevan a cabo para la estabilización del colágeno de la piel:

- Formación de enlaces de tipo puente de hidrogeno entre los polifenoles de los taninos y las proteínas
- Formación de enlaces iónicos entre los cationes de las moléculas proteicas y el anión fenolato.
- Formación de enlaces covalentes debido a la oxidación de los polifenoles hasta quinonas y la condensación posterior con un grupo nucleofílico (-NH₂, -SH, -OH) de la proteína.
- Interacciones hidrofóbicas entre los anillos aromáticos de los taninos y de las proteínas.

De esta manera se establece que la principal formación de los complejos tanino: proteína es mediante la unión de los grupos amidicos de la proteína de la piel con los grupos hidroxilicos de los taninos de la tara que se enlazan mediante puentes de hidrogeno o enlaces dipolares de la siguiente forma:



Por lo tanto, la tara (*Caesalpinia spinosa*) mezclado con otros extractos vegetales como el ácido húmico mejorarían la curtición de pieles obteniéndose un cuero de calidad. La tara en polvo, brinda excelentes resultados en llenado, morbidez con una flor lisa con su aplicación en pieles de cabra piqueladas, destinadas a la fabricación de marroquinería de color natural (Soler,2000, pp. 98-99).

CAPITULO III

3. METODOLOGÍA

3.1. Hipótesis y especificación de las variables

3.1.1. *Hipótesis General*

- La adición de diferentes niveles de ácido húmico en combinación con tara influirá en la calidad final del cuero caprino terminado.

3.1.2. *Hipótesis Específicas*

- Los procesos de curtición de la presente investigación afectarán a las pruebas físico-mecánicas que determinan la calidad del producto terminado en relación a las normas IUP.
- El uso de diferentes concentraciones de ácido húmico con tara incide en las calificaciones sensoriales del cuero terminado
- El análisis químico del cuero obtenido establecerá la calidad del producto final según la comparación con las normas INEN.

3.1.3. *Especificación de las variables*

- Variable Independiente:

Corresponde a la concentración de ácido húmico más tara. En esta investigación se utilizará 5, 10 y 20% de ácido húmico en combinación con un 15% de tara que se encuentra en función del peso de piel en bruto a procesar.

- Variable dependiente:

Corresponde a la calidad del cuero obtenido puesto que esta variable es el producto de la variación de la formulación utilizada en el proceso de curtición para la producción de cuero caprino.

Los análisis que se llevara a cabo para determinar la calidad del cuero resultante son:

Análisis físico-mecánicas: Resistencia a la tensión, Porcentaje de elongación y Lastometría. Se los hará basándose en las normas IUP.

Análisis sensoriales: estas pruebas se realizarán a través de un test de pruebas sensoriales brindando una calificación a los cueros caprinos evaluados los cuales son: llenura, blandura y soltura de flor.

Análisis Químicos: las pruebas que se llevaran a cabo son: porcentaje de humedad, pH e índice de referencia(Δ pH) según las normas INEN.

3.1.4. Operacionalización de variables

Tabla 3-3: Operacionalización de variables

VARIABLES	CONCEPTO	DIMENSIONES	INDICADORES	VALORACIÓN
Variable dependiente: Calidad del cuero obtenido	Cuero que cumple con los estándares de calidad según la norma requerida mediante pruebas físico-mecánicas, sensoriales y químicas para su utilidad en marroquinería.	Pruebas físico-mecánicas Permite evaluar la resistencia del cuero a las acciones mecánicas y se realiza mediante equipos estandarizados y personas especializadas en el tema	Resistencia a la tensión (N/cm ²) Porcentaje de elongación (%) Lastometría (mm)	Mínimo 1500 Mínimo 40 Mínimo 7
		Pruebas sensoriales Permite cuantificar al cuero obtenido mediante un test de pruebas sensoriales con la finalidad de evaluar la calidad del producto y se realiza mediante personas especializadas y con experiencia en el tema.	Llenura, (puntos). Blandura, (puntos). Soltura de flor, (puntos).	1-5 1-5 1-5
		Pruebas Químicas. Son realizados a través de aparatos y personas capacitadas cuyas finalidades son: determinar el grado de acidez del cuero, la presencia de ácidos inorgánicos y la cantidad de agua presente en el cuero en función de su peso.	pH Índice de referencia (Δ pH) Contenido de humedad (%)	Mínimo 3.5 Máximo 1.0 12-18
Variable Independiente Ácido húmico en combinación con Tara. Concentración: Se encuentra en función del peso d piel en bruto a procesar mediante la utilización de diferentes concentraciones de ácido húmico en combinación con un porcentaje fijo de tara durante el proceso de curtición para la producción de cuero caprino.			Ácido Húmico (%) Tara	5 10 20 15

Realizado por: Barzallo Diego,2018.

3.1.5. Matriz de Consistencia

Tabla 4-3: Matriz de consistencia

TEMA: DESARROLLO DE UNA FORMULACIÓN PARA LA CURTICIÓN DE PIEL CAPRINA CON DIFERENTES CONCENTRACIONES DE ÁCIDO HÚMICO Y UN PORCENTAJE FIJO DE TARA EN LA EMPRESA EL AL-CE.				
PROBLEMA GENERAL		OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	
¿Al dejar de utilizar el cromo en el proceso de curtido y reemplazarlo por el ácido húmico más Tara mejorará la calidad del cuero?		Desarrollar una formulación de curtición de piel caprina con diferentes concentraciones de ácido húmico y un porcentaje fijo de tara en la empresa el AL-CE.	La adición de diferentes niveles de ácido húmico en combinación con tara influirá en la calidad final del cuero caprino terminado.	
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	VARIABLES ESPECÍFICAS	MÉTODOS DE ANÁLISIS
<p>1.- ¿De qué manera los resultados de las pruebas físico-mecánicas se relacionan en el proceso de curtición de pieles caprinas utilizando ácido húmico en combinación con tara?</p> <p>2.- ¿De qué manera los resultados de las pruebas sensoriales se relacionan con el proceso de curtición de pieles caprinas utilizando ácido húmico en combinación con tara?</p> <p>3.- ¿De qué manera los resultados de los análisis químicos se relacionan con el proceso de curtición de pieles caprinas utilizando ácido húmico en combinación con tara?</p>	<p>1.- Caracterizar a través de pruebas físico-mecánicas el cuero curtido con ácido húmico y tara</p> <p>2.- Evaluar mediante pruebas sensoriales la calidad de cuero resultante de la combinación de ácido húmico con tara</p> <p>3.-Efectuar los análisis químicos al cuero resultante del proceso de curtición de ácido húmico en combinación con tara.</p>	<p>1.-Los procesos de curtición de la presente investigación afectarán a las pruebas físico-mecánicas que determinan la calidad del producto terminado en relación a las normas IUP.</p> <p>2.- El uso de diferentes concentraciones de ácido húmico con tara incide en las calificaciones sensoriales del cuero terminado.</p> <p>3.-El análisis químico del cuero obtenido establecerá la calidad del producto final según la comparación con las normas INEN.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Resistencia a la tensión, N/cm². - Porcentaje de elongación, %. - Lastometría, mm - Llenura, puntos - Blandura, puntos - Soltura de flor, puntos - pH - ΔpH - Humedad 	<ul style="list-style-type: none"> - Fuerza aplicada a la probeta - Fuerza aplicada a la probeta. - Lastómetro - Prueba de Kruskal-Wallis - Prueba de Kruskal-Wallis - Prueba de Kruskal-Wallis - Medidor de pH - Medidor de pH - Mediante la estufa

Realizado por: Barzallo Diego,2018.

3.2. Tipo y diseño de la investigación

3.2.1. Tipo de investigación

- **Método Deductivo:** Consiste en la totalidad de reglas y procesos, mediante el cual podemos llegar a conclusiones finales a partir de enunciados supuestos llamados premisas. El principal problema es la curtición con sales de cromo donde el agua residual procedente de este proceso contiene cromo(III) que puede oxidarse en cromo (VI) por diversos factores que es perjudicial en su disposición final tanto en vertederos como al aplicarlo directamente en el suelo, para lo cual se investigará la curtición mixta a base de ácido húmico más tara donde se recopilará información de bibliografía referente a cuero y curticiones de todo tipo para poder formular una receta que pueda ser aplicada a la curtición de pieles generando nuevos conocimientos a partir de premisas establecidas y que le permitirán al investigador generar sus juicios de valor a partir de la experimentación y de los resultados que se obtengan en la investigación.
- **Método Inductivo:** Se analizará los problemas ocasionados por la curtición a base de sales de cromo, determinando soluciones y alternativas acorde a lo que los investigadores y autores de literatura han propuesto, sin embargo, una alternativa viable es la curtición a base de agentes curtientes libres de cromo como se propone en la presente investigación.
- **Método Investigativo:** En el diseño investigativo del presente trabajo se va a realizar la curtición de piel caprina llevando a cabo diferentes experimentos en el laboratorio variando las concentraciones de ácido húmico con un porcentaje fijo de tara posteriormente se analizará la calidad del cuero obtenido mediante pruebas físico mecánicas, sensoriales y químicas.

3.2.2. Diseño de la investigación

Esta investigación es de tipo netamente experimental debido a que se va a realizar la curtición de piel caprina llevando a cabo diferentes experimentos variando las concentraciones de ácido húmico con un porcentaje fijo de tara. Dentro de los resultados obtenidos en los análisis respectivos se aceptará o rechazará las hipótesis propuestas.

A continuación, se presenta esquemáticamente el diseño experimental de la investigación:

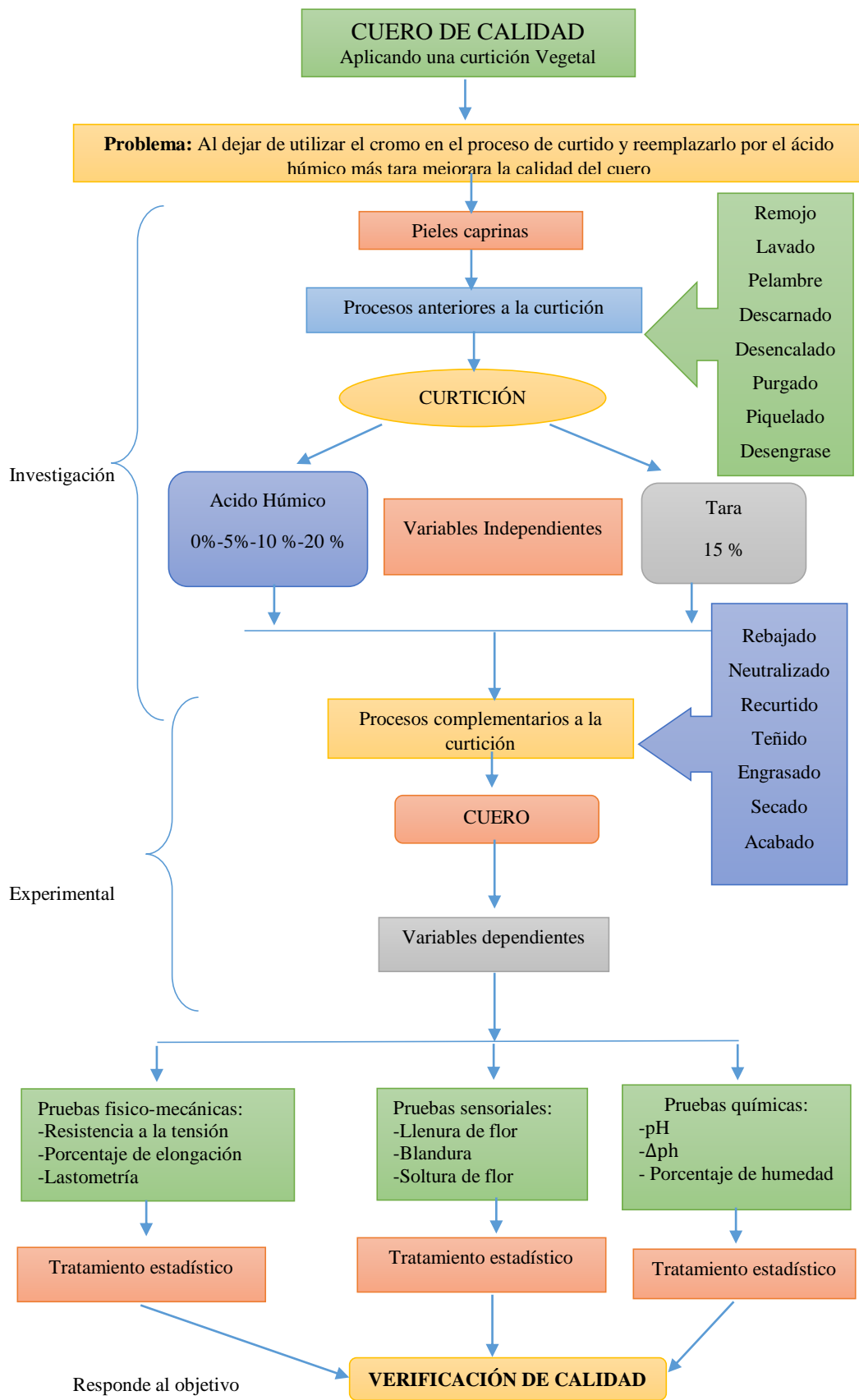


Gráfico1-3:: Representación esquemática del diseño de la investigación

Realizado por: Barzallo, Diego,2018.

3.3. Unidad de análisis

Para la presente investigación la unidad de análisis será la piel caprina, a la cual se le realizarán los procesos de transformación con diferentes niveles de ácido húmico más tara y también se le realizarán las pruebas físico - mecánicas, químicas y sensoriales para determinar su calidad.

3.4. Población de estudio

La población de estudio constituirá las pieles caprinas faenadas en el camal municipal de Riobamba que es donde se adquirirán las pieles, diariamente en el camal se producen alrededor de 50 pieles caprinas, ya que no es una especie que sea criada con fines de explotación sino únicamente para el consumo de las familias en las zonas rurales y urbanas de la provincia y no se realiza su venta en camales de otras provincias.

3.5. Tamaño de muestra

Para realizar la experimentación que permita evaluar la calidad del cuero final se trabajará bajo cuatro tratamientos con 4 repeticiones que consisten en la adición de diferentes niveles de ácido húmico (0, 5,10 y 20 %) con un porcentaje fijo de tara (15%), por lo que las unidades experimentales (pieles caprinas) utilizadas serán 16 que se describen a continuación.

1. Número de tratamientos: 4 (niveles de ácido húmico más tara)
2. Número de repeticiones: 4 repeticiones
3. Número de ensayos: 1 ensayos

De esta manera obtenemos las 16 pieles de cuero: $4 \times 4 \times 1 = 16$

Del total de la población se escogerá este tamaño de muestra para su procesamiento en cuero terminado en la curtiembre el AL-CE. Estas pieles serán escogidas por un muestreo aleatorio simple.

3.6. Selección de la muestra

Para la selección de la muestra se seguirá el siguiente procedimiento:

- Primero se hará una visita al camal municipal de la ciudad de Riobamba (lugar donde se adquirirán las pieles caprinas) para determinar las características in-situ de la muestra.

- Después para escoger las pieles que mejormente se ajusten a las condiciones experimentales se verificara visualmente que la piel no presente manchas, arañazos, sustancias extrañas sobre la lana, presencia de sangrado, excesiva venosidad y excesiva grasa que afectaran a la calidad final del producto.
- Una vez verificado el paso anterior se adquirirá las pieles y serán transportadas al laboratorio donde se realizará su transformación en cuero evitando que el tiempo de almacenamiento sea excesivo ya que puede causar putrefacción de la piel, por lo que se recomienda que se trabaje inmediatamente adquirida la piel o sino se realice el salado de las mismas.

3.7. Desarrollo experimental

Para realizar el desarrollo experimental de la presente investigación se requerirá mencionar la localización del experimento, los materiales, equipos utilizados, el procedimiento experimental llevado a cabo para la curtición de las pieles caprinas y la metodología de evaluación de los cueros caprinos terminados.

3.7.1. Localización del experimento

El presente trabajo de investigación se realizó en la curtiembre “EL AL-CE”, ubicado en el cantón Guano de la ciudad de Riobamba provincia de Chimborazo de la Sierra Centro del Ecuador. A una altitud de 2620 m.s.n.m. La Planta, cuya área total es de 1200 m², se localiza en la Parroquia el Rosario a la entrada del Cantón Guano en las calles José Rodríguez y León Hidalgo ubicado a 6 km de la ciudad de Riobamba.



Figura 1-3: Localización geográfica de la curtiembre el “AL-CE”
FUENTE: Google Maps,2018.

3.7.2. Materiales, equipos y productos químicos

3.7.2.1. Materiales

- 16 pieles caprinas
- Cuchillos de diferentes dimensiones
- Mandiles
- Baldes de distintas dimensiones
- Mascarillas
- Botas de caucho
- Guantes de hule
- Tinas
- Tijeras
- Mesa
- Medidor de pH
- Termómetro
- Cronómetro
- Pinzas para toggling

3.7.2.2. Equipos

- Bombo
- Maquina descarnadora
- Máquina divididora
- Maquina raspadora
- Máquina ablandadora
- Toggling
- Prensa

3.7.2.3. Productos Químicos

- Tensoactivo
- Cal
- Sulfuro de sodio
- Sulfato de amonio
- Bisulfito de sodio

- Producto ridente
- Fenolftaleína
- Verde bromocresol
- Cloruro de sodio
- Ácido fórmico
- Solvente orgánico
- Ácido Húmico
- Tara en polvo
- Formiato de sodio
- Bicarbonato de amonio
- Rellenante de faldas
- Anilina negra de penetración
- Dispersante
- Synthol FL327
- Synthol YY 707
- Anilina negra de fijación
- Mimosa
- Castaño
- Laca en brillo
- Pintura negra

3.7.3. Procedimiento Experimental

El curtido de la piel se llevó a cabo a través de varias etapas como se observa en el Anexo A, B, C, D y E que detalla la formulación utilizada en la presente investigación. Sin embargo, a continuación, se describe cada una de las etapas para la producción de cuero terminado:

3.7.3.1. Remojo

Primero se realizó el peso de las pieles caprinas frescas y posteriormente se pesó las cantidades exactas de las sustancias que se aplicaron en el proceso de remojo que se encuentran en función al peso de las pieles.

Por lo tanto, se colocó 300% de agua en el bombo a temperatura ambiente y 0.5 % de tensoactivo luego se colocó las pieles caprinas dejando girar el bombo durante 15 min para homogeneizar el

baño. Finalmente se dejó reposar durante 12 horas las pieles con la finalidad que el tensoactivo ayude a que el agua penetre en la piel y posteriormente se escurrió.

3.7.3.2. Pelambre y calero

Se realizó de nuevo el peso de las pieles caprinas y en relación a esto, se colocó en un recipiente 5% de agua a temperatura de 40°C, 1 % de cal y 1.5% de sulfuro de sodio formándose una pasta que se aplicó homogéneamente a las pieles en el lado de la carne y se dejó reposar durante 12 horas. Después se retiró el pelo de forma manual utilizando un cuchillo sin filo ya que el pelo se elimina de la dermis debido a que la pasta llega por difusión a la raíz del pelo.

Posteriormente se pesó las pieles sin pelo y se preparó un baño con 100% de agua a temperatura ambiente con 1 % de sulfuro de sodio y 3% de cal, se dejó girar el bombo a una velocidad de 4-8 rpm durante 4 horas con un reposo de 20 horas y finalmente se elimina el baño.

Después de esta operación se realizó el proceso descarnado de forma manual con una cuchilla para eliminar la carnaza y grasa que se encuentra adherida a la dermis de la piel.

3.7.3.3. Desencalado y rendido

Una vez descarnadas las pieles se pesó una vez más y se preparó un baño con 150 % de agua a temperatura de 30°C con 2 % de sulfato de amonio haciendo girar el bombo durante 60 min; posteriormente se añadió 0.5% de bisulfito de sodio y se giró nuevamente por 30 min; pasado este tiempo se colocó 0.5% de producto rindente y se rodó el bombo durante 90 min; después se realizó la prueba de la fenolftaleína aplicando 3 gotas a un corte de la piel previamente realizada que debe dar incoloro para verificar que no existe presencia de cal en la piel (pH :8- 8.5). Finalmente se escurrió y se lavó 2 veces las pieles desencaladas con 150% de agua durante 20 min por lavado.

3.7.3.4. Piquelado

Las pieles desencaladas se colocó en el bombo preparando previamente un baño con el 60% de agua a temperatura ambiente y 7 % de sal común dejando girar por 10 min; posteriormente se adicionó 1% de ácido fórmico diluido 10 veces su peso (1/10) y se dejó rodar el bombo durante 90 min. Después de este tiempo, se controló el pH del baño que debe estar en el rango de 4,5 a 5 y se bota el baño.

3.7.3.5. *Desengrase*

Se preparó un baño con 100% de agua a temperatura de 30 °C con 2% de tensoactivo(detergente) y 3 % de diesel y se rodó el bombo a una velocidad de 8 rpm durante 60 min, después se botó el baño y se preparó otro con 100% de agua y 1% de detergente haciendo girar el mismo durante 40 min; posteriormente se botó nuevamente el baño y se lavó las pieles con 200% de agua a temperatura ambiente haciendo girar el bombo durante 20 min y luego se botó este último baño.

3.7.3.6. *Curtido vegetal*

Las pieles fueron sometidas al proceso de curtición vegetal adicionando los diferentes niveles de ácido húmico; es decir para el tratamiento T1 se aplicó 0 % de ácido húmico , para el tratamiento T2 se adicionó 5% de ácido húmico, para el tratamiento T3 se aplicó 10% de ácido húmico y para el tratamiento T4 se adicionó 20% de ácido húmico ; se diluyó el ácido húmico en 25 g/l y se dividió en tres porciones dejando rodar el bombo una hora por porción, luego se añadió 7 % de sal común y se giró el bombo durante 15 min, posteriormente se añadió 1.4 % de ácido fórmico (diluido 1/10) y se giró el bombo durante 2 horas; pasado este tiempo se añadió el 15 % de tara dividido en tres porciones durante 3 horas con la finalidad de que el efecto curtiente en el colágeno sea muy bueno. Una vez terminado el proceso se comprobó el pH (5.0-5.5) y el atravesado. Finalmente se descargó las pieles y se dejó reposando durante 48 horas para concluir con el proceso de raspado a 1.0 mm.

3.7.3.7. *Neutralizado y recurtido*

Las pieles raspadas a un calibre estándar se neutralizaron con un baño de 200% de agua a temperatura ambiente más el 0,2% de tensoactivo y 0,2 de ácido fórmico dejando rodar el bombo por 15 min; después se escurrió y se lavó las pieles caprinas. Posteriormente se preparó otro baño con 200% de agua a temperatura ambiente con 2 % de ácido húmico y se rodó durante 30 min, después se añadió 2% de rellenante de faldas dejando rodar el bombo por 30 min; pasado este tiempo se añadió 3% de tara y se giró el bombo durante 60 min y se escurrió. Finalmente se preparó un baño con 200% de agua a temperatura ambiente con 1% de formiato de sodio dejando rodar el bombo durante 30 min, después se añadió 1% de bicarbonato de amonio y se giró por 60 min con un reposo de 12 horas.

3.7.3.8. Tintura y engrase

Se preparó un baño con 100% de agua a temperatura de 40°C con 2% de rellenanate de faldas y se giró durante 30 min, después se añadió 2% de anilina negra de penetración dejando rodar el bombo por 30 min, pasado este tiempo se añadió 100% de agua a temperatura de 40°C con 2% de dispersante y se rodó por 30 min; posteriormente se añadió 6% de Synthol FL327 y Synthol YY 707 dejando girar el bombo durante 90 min, después de este periodo se añadió 1% de anilina negra de fijación y se giró por 30 min; después se añadió 1% de mimosa y castaño rodando el bombo por una hora. Finalmente se añadió 2 % de ácido fórmico dejando girar el bombo durante una hora, luego se comprobó el pH final, se lavó las pieles terminadas y se percho durante 24 horas.

3.7.3.9. Ablandado y estacado

Los cueros tinturados y engrasados se sometieron a un proceso de secado al ambiente (14-15% de humedad) dando un cuero duro y compacto; posteriormente se acondicionó a los cueros con agua para llevarlo a la abatanadora y ablandar el cuero, luego se estacaron es decir se estiró al cuero poco a poco sobre un tablero y se pinzó hasta que el centro del cuero tenga una base de tambor.

3.7.3.10. Acabado del cuero

Una vez concluido el proceso anterior se realizó el cortado de las partes irregulares de los cueros y se pintó mediante brocha con la finalidad de mejorar su color. Posteriormente se prensó a los cueros caprinos terminados para obtener un grano de flor estándar que depende del tipo de artículo que se va a fabricar; finalmente se realizó el lacado de los cueros dotándoles de brillo y mejorando la parte superficial de la flor. Los cueros caprinos acabados se sometieron a los diferentes análisis propuestos en la investigación y a su utilización en la fabricación de artículos de marroquinería.

3.7.4. Metodología de evaluación de los cueros caprinos terminados

Los análisis que se llevaron cabo para evaluar la calidad de los cueros caprinos curtidos a base de ácido húmico en combinación con tara son: análisis físico-mecánicos, sensoriales y químicos. Los análisis físico-mecánicos y sensoriales se realizaron en el Laboratorio de Curtiembre de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la ESPOCH mientras que los análisis químicos se llevaron a cabo en el Laboratorio de Analítica de Facultad de Ciencias de dicha institución mencionada.

Es importante destacar que La Unión Internacional de Asociaciones de Químicos y Técnicos de la Industria del Cuero (IULTCS) propuso métodos estandarizados para llevar a cabo los análisis físicos mecánicos y químicos del cuero terminado que se conoce como las normas IUP (análisis físicos) y IUC(análisis químicos) con su última revisión y actualización de estos ensayos en marzo del 2001 en el idioma inglés, sin embargo, la Asociación Química Española de la Industria del Cuero (AQEIC) en octubre del mismo año lo tradujo en versión castellano.

Por otro lado, las normas INEN, ISO, UNE, DIN, VESLIC y BS son una reproducción o transcripción de los procedimientos contenidos en las normas IULTCS, que describen el tipo de muestreo para la extracción de las probetas para los análisis físicos y químicos (Font,2002, p.30).

3.7.4.1. Extracción de las probetas para análisis físicos y químicos

Para llevar a cabo los diferentes análisis mencionados en la presente investigación se debe realizar la extracción de las probetas en referencia a la norma NTE INEN 551.

Las extracciones de las probetas se efectuaron de la siguiente manera en cada uno de los cueros caprinos obtenidos en la presente investigación, además cada probeta tiene su peculiaridad dependiendo el tipo en ensayo a realizar ya que puede ser rectangular o circular.

Las probetas empleadas en los ensayos físico-mecánicos se cortan del cuadrado HKJG y para los análisis químicos se toma la muestra del cuadrado sombreado de lado HK/2 mostrado en la siguiente figura:

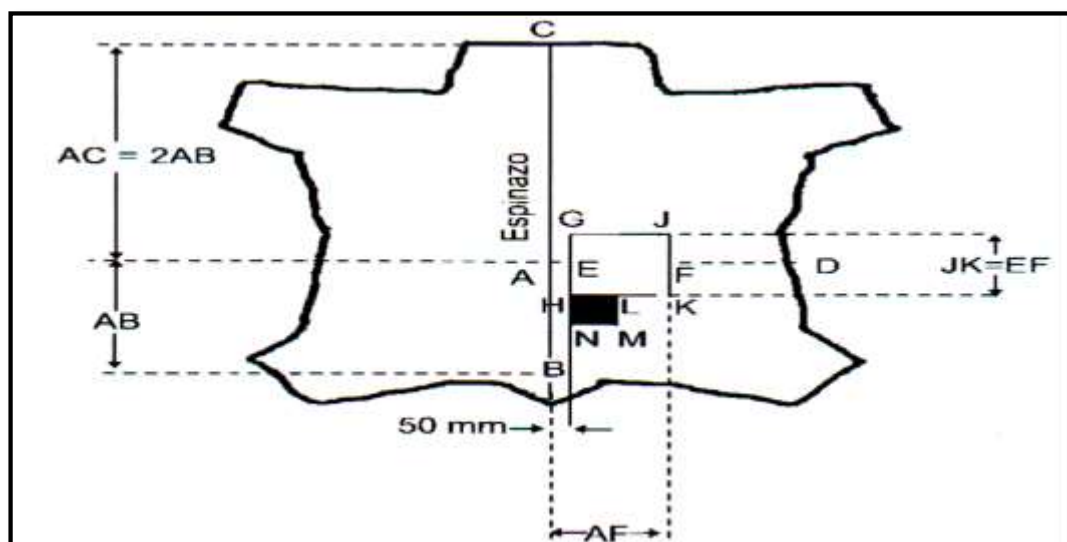


Figura 2-3: Localización de la muestra para ensayos físicos y químicos de la hoja completa.
Fuente: (Font,2002)

3.7.4.2. Análisis físico mecánicos

Estos ensayos permiten tener en cuenta la durabilidad que tiene el cuero obtenido en relación a la fatiga a la cuál es sometido el material mediante esfuerzos mecánicos. Existen diferentes normas IUP para ensayos físicos mecánicos, sin embargo, esta investigación se enfocó en tres análisis físico-mecánicos basados en estas normas que se describe a continuación:

a) Resistencia a la tensión

Para determinar la resistencia a la tensión del cuero caprino obtenido se estableció como referencia la norma IUP 6, en la cual se indica el procedimiento a realizar para dicho ensayo. El procedimiento a seguir permite determinar la resistencia que presenta el cuero terminado al estirar a una velocidad constante los extremos de la probeta realizada en relación al método de muestreo establecido, lo que conlleva a la ruptura de las fibras del cuero.

Por otro lado, el valor obtenido de este procedimiento se expresó en función a la resistencia a la tensión (N/cm^2) que relaciona la fuerza de ruptura experimental y la sección transversal de la probeta de cuero.

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

Dónde:

RT=Resistencia a la tensión (N/cm^2 o Kgf/cm^2)

C= Fuerza de ruptura (N)

A=Ancho de la probeta (cm)

E=Espesor de la probeta (cm)

El valor mínimo que debe presentar el cuero terminado debe ser de $1500 \text{ N}/\text{cm}^2$ sin embargo el óptimo es de $2000 \text{ N}/\text{cm}^2$ según la norma IUP6 (Font,2002, pp 48-49).

b) Porcentaje de elongación

En relación al anterior ensayo el porcentaje de elongación permite evaluar la capacidad del cuero para soportar la resistencia máxima a la que se encuentra sometido, de otra manera se entiende como el grado de estiramiento que puede aguantar la probeta sometida a múltiples tensiones antes de romperse. En cuanto a los valores obtenidos del procedimiento a seguir según la norma IUP 6

se compararon con los valores estándares mencionados en la norma con la finalidad de evaluar la calidad de los cueros caprinos obtenidos en la investigación.

Para determinar el valor del porcentaje de elongación se debe aplicar la siguiente ecuación:

$$\%E = \frac{L_2 - L_0}{L_0} * 100$$

Donde:

L_2 =Longitud a la rotura de la probeta

L_0 =Longitud inicial de la probeta

Para determinar el valor de la longitud a la rotura de la probeta L_2 , es necesario sumar la longitud inicial de la probeta y la deformación de la probeta a la ruptura como se describe a continuación:

$$L_2 = L_0 + D_e$$

Según la norma IUP 6 el porcentaje de elongación mínimo que debe tener el cuero terminado es del 40%. (Font,2002, pp 49-50).

c) Lastometría

La lastometría se fundamenta en el alargamiento de la probeta de cuero mediante el lastómetro para determinar el punto de rompimiento de sus fibras tomando como referencia la norma IUP 9 en la cual el valor del ensayo realizado de lastometría o ruptura de la flor debe ser mínimo de 7 mm según el procedimiento detallado en la presente norma.

Según Puente (2018), para realizar el ensayo de ruptura de la flor o lastometría se debe seguir el siguiente procedimiento:

- Se debe colocar en el lastómetro una probeta circular con la flor hacia afuera sujetándolas con las abrazaderas firmemente al borde del disco plano circular del cuero.
- Posteriormente la abrazadera deberá mantener fija el área sujeta al disco cuando se vaya aplicando a su centro una carga mayor de 80 Kg.
- Finalmente se determina el valor de la ruptura de la flor del cuero que se compararán con el valor estándar mencionado en la norma.

3.7.4.3. *Análisis sensoriales*

Los análisis sensoriales que se llevaron a cabo en la presente investigación son: llenura, soltura de flor y blandura las cuales son pruebas subjetivas que se llevaron a cabo a través de las percepciones, argumento y criterio propio por parte de una persona capacitada y con experiencia en el tema.

De acuerdo con Hidalgo (2018), para llevar a cabo la evaluación de los análisis sensoriales que se propone en la presente investigación para el cuero caprino terminado, se especifica que la calificación debe estar dentro de un rango numérico entero del 1-5, por lo tanto, se describe una calificación de 5 a excelente; 4 muy buena; 3 buena; 2 regular y 1 baja.

a) Llenura

Es una de las pruebas sensoriales más importantes para caracterizar la calidad del cuero terminado y evidenciar si el cuero está lleno o vacío, debido a que la llenura es la condición que determina que el cuero contenga o no entre sus espacios interfibrilares productos químicos de cualquier índole. La llenura brinda una condición importante al cuero final que es el peso, puesto que si sus espacios interfibrilares se encuentran llenos por lo tanto su peso será mayor o viceversa.

Para determinar la llenura se debe trabajar en la zona central del cuero debido a que es la zona más homogénea y regular, por lo tanto, se debe doblar la hoja desde la zona central del cuero y observar si se presenta un efecto tubo es decir la curvatura que se forma al doblar el cuero, de esta manera el juez calificador evaluará la llenura que presenta el cuero mediante la escala estándar del 1-5. Para fabricar artículos de calzado y marroquinería se espera que la llenura del cuero terminado sea alta.

b) Soltura de flor

Para determinar la soltura de flor se debe colocar la palma de la mano en el interior del cuero y se debe doblar hacia adentro. Si no presenta ninguna arruga el cuero terminado es que presenta una firmeza de flor alta es decir cero solturas de flor. Es importante destacar que la soltura de flor es sinónimo de suavidad y caída es decir el cuero presenta una menor compactación por ende se deforma con facilidad. Por otro lado, la soltura de flor se verifica antes de realizar el proceso de fabricación de artículos terminados con la finalidad de asegurar la calidad del producto final puesto que es un defecto que presenta el cuero terminado.

c) Blandura

Este análisis sensorial es importante principalmente en la fabricación de artículos de vestimenta. Para determinar la blandura se debe colocar entre las yemas de los dedos el cuero terminado realizando algunas torsiones por toda la superficie del mismo estableciendo de esta forma la suavidad y caída que presenta el cuero final. Por lo tanto, un cuero que presente mayor blandura brinda al mismo mayor suavidad y caída, esto es muy importante en la fabricación de calzado y marroquinería para la confección de los diversos artículos a partir de estos cueros terminados.

3.7.4.4. Análisis Químicos

Los análisis que se llevaron a cabo en la presente investigación son: pH, índice de referencia y humedad que se realizaron en base a los procedimientos detallados en la norma Inen.

a) pH

El objetivo de esta prueba es determinar el grado de acidez del cuero terminado, puesto que un valor de pH por debajo de la NTE INEN 1072 afectará principalmente en los análisis físicos mecánicos del cuero terminado generan problemas en la resistencia a la tensión, resistencia al desgarre, lastometría entre otros. Además, es importante este análisis puesto que la fabricación de artículos de cuero que presente una acidez mayor ocasionará picazón al estar en contacto con la piel del usuario.

Para determinar el grado de acidez del cuero final se debe seguir el siguiente procedimiento:

- Extraer una probeta de cuero de acuerdo al muestreo establecido anteriormente.
- Desmenuzar la muestra con la ayuda de un cuchillo para después molerlo con la ayuda de un molino de cuchillas, sin embargo, debe estar totalmente seca la muestra para realizar dicho procedimiento.
- Una vez obtenida una muestra homogénea se debe realizar el desengrasado del cuero con la ayuda de un disolvente (hexano), por lo tanto, se debe colocar 5 g de cuero en un frasco cilíndrico sin pico y recubrirlo con hexano durante 30 min; el frasco debe ser recubierto con un vidrio reloj para evitar que se volatilice el disolvente, luego se decanta el líquido y se realiza el mismo procedimiento dos veces más.

- El cuero desengrasado es colocado en un vaso de precipitación con 100 ml de agua destilada, se deja en contacto durante 2 horas y se decanta el líquido.
- Por último, se realiza la medición del extracto acuoso del cuero mediante la ayuda de un phmetro que debe estar previamente calibrado con la solución tampón.

b) Índice de referencia (ΔpH)

Se denomina índice de referencia al valor obtenido de la diferencia existente entre la primera y segunda medición de pH. Es una medición importante en el cuero terminado con la finalidad de establecer la presencia de ácidos orgánicos o inorgánicos presentes el cuero final, sin embargo, este valor no puede exceder de la unidad, a pesar de ello, es un tanto superior en el cuero cuando existe la presencia excesiva de ácidos fuertes y de aquellos que no son taponados por las sales de ácidos débiles.

Para obtener el índice de referencia se debe realizar una segunda medición del pH, siempre y cuando el pH del extracto acuoso medido en el análisis anterior se encuentre comprendido entre 3,5 y 4,5, puesto que si no se encuentra en este rango se debe abstener a determinar el índice de referencia debido a que su acidez sin duda es perjudicial o excesiva en el cuero terminado.

El procedimiento a seguir consiste en colocar 10 ml del extracto acuoso obtenido en un frasco de precipitación con 90 ml de agua destilada en las mismas condiciones que la primera medición; posteriormente se realiza la medición del pH de esta solución con el cual se obtendrá el índice de referencia.

c) Humedad

La humedad permite determinar la cantidad de agua contenida en el cuero final, es muy importante este parámetro puesto que valores bajos de humedad proporcionan al cuero un aspecto duro y rígido a pesar de contener el cuero productos engrasantes que brindan flexibilidad y blandura al cuero. Además, valores bajos de humedad ocasionan problemas en los resultados de sus análisis físico-mecánicos como porcentaje de elongación, lastometría y ruptura de la flor.

Para determinar la humedad se debe realizar el procedimiento descrito en la NTE INEN 565 que se describe a continuación:

- Extraer una probeta de cuero de acuerdo al muestreo establecido anteriormente.

- Desmenuzar la muestra con la ayuda de un cuchillo con la finalidad de colocarlo en el crisol de porcelana que previamente debe estar tarado e identificado en cada una de las muestras a realizar.
- Posteriormente se coloca 3 g de cuero en la capsula de porcelana y se coloca en la estufa a una temperatura de 102 °C hasta que su peso sea constante, esto se refiere a que no debe exceder la diferencia en 2 mg del peso anterior.
- Finalmente se determina la humedad contenida en el cuero de la siguiente forma:

$$\%Humedad = \frac{P_{inicial} - P_{final}}{P_{inicial}}$$

Según la NTE INEN 565 el valor de humedad debe estar en el rango del 12% y 18 % en el cuero terminado.

3.8. Técnicas de recolección de datos

Para la recolección de datos se utilizó bitácoras de investigación, en donde se anotaron las técnicas empleadas para cada etapa productiva, además se apuntó los errores observados en cada proceso y también se anotó los valores de los parámetros que se debe controlar en cada etapa de producción. Una vez obtenido los diferentes cueros terminados, se realizó los distintos análisis propuestos en la cual los datos fueron recolectados en hojas de Excel que constituirán la base de datos para el tratamiento estadístico.

A continuación, para la interpretación de los resultados se utilizó un Diseño Experimental Completamente al Azar Simple en donde se evaluó la interacción que tienen diferentes niveles de ácido húmico (0, 5,10, 20 %) en combinación con tara (15%) y la calidad final del producto. El modelo estadístico utilizado para el diseño es el siguiente:

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

Donde:

Y_{ij} = Valor del parámetro en determinación

μ = Efecto de la media por observación

α_i = Efecto de los tratamientos (0,5,10, 20% de ácido húmico)

ϵ_{ij} = Efecto del error experimental

Los análisis estadísticos a lo que fueron sometidos los datos obtenidos de los diferentes análisis son:

- Análisis de varianza (ADEVA) para establecer las diferencias en las variables de los ensayos físicos y químicos.
- Separación de medias por Tukey con $P < 0.05$
- Prueba de Kruskal- Wallis para las variables sensoriales.
- Regresión y determinación, para variables que reporten significancia

De esta forma, para realizar el diseño experimental se realizó el esquema del experimento (tabla 4-3) en donde se describen el tamaño de la muestra, las repeticiones y el tamaño de la unidad experimental, con este esquema se procederá a realizar los diferentes tratamientos propuestos.

Tabla 5-3:Esquema del Experimento

Producto para la curtición	Código	Repetición	T.U.E	Total de pieles
Curtición con tara (0% de ácido húmico)	T0	4	1	4
5% de ácido húmico	T1	4	1	4
10% de ácido húmico	T2	4	1	4
20% de ácido húmico	T3	4	1	4
Total de pieles				16

T.U.E: Tamaño de la unidad experimental

Realizado por: Diego Barzallo, 2018

Además, en la tabla 3-3, se describe el esquema del adeva, que permitirá relacionar la significancia de los datos y como estos se ajustan a la campana de Gauss que mide la normalidad de los datos y permite ajustar el error experimental hasta un margen de aceptación (95%) con lo cual afirmaremos la hipótesis planteada en la investigación.

Tabla 6-3: Esquema del adeva

Fuente de variación	Grados de libertad
Total	15
Tratamiento	3
Error	12

Realizado por: Diego Barzallo, 2018

CAPITULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

Los resultados obtenidos de los análisis realizados a los cueros caprinos terminados se ilustran en las tablas: 1-4, 2-4 y 3-4 tanto de sus análisis fisico-mecánicos, sensoriales y químicos respectivamente, sin embargo, en el epígrafe 4.2. Análisis de los resultados se describe minuciosamente cada uno de estos análisis efectuados.

Tabla 1-4:Resultados fisico-mecánicos de los cueros caprinos terminados

N°	Detalle	Resistencia a la tensión Mínimo 1500 N/cm ²	% de Elongación Mínimo 40%	Lastometría Mínimo 7 mm
1	T ₀	1595.71	50.00	7.11
2	T ₀	1641.25	42.50	7.55
3	T ₀	2927.50	45.00	7.55
4	T ₀	2712.00	60.00	7.18
5	T ₁	1732.63	42.50	7.18
6	T ₁	2426.67	47.50	7.11
7	T ₁	1748.33	42.50	7.11
8	T ₁	1853.85	40.00	7.55
9	T ₂	2143.75	57.50	7.55
10	T ₂	2658.75	62.50	8.22
11	T ₂	3821.43	67.50	7.55
12	T ₂	3271.25	62.50	8.22
13	T ₃	1940.00	62.50	7.11
14	T ₃	2123.33	52.50	7.18
15	T ₃	2308.89	47.50	7.11
16	T ₃	2670.00	50.00	7.18

Fuente: (Laboratorio de Curtiembre ESPOCH,2018)

Tabla 2-4: Resultados sensoriales efectuados a los cueros caprinos terminados

N°	Detalle	Llenura	Soltura de flor	Blandura
1	T ₀	3	5	5
2	T ₀	3	5	5
3	T ₀	3	5	5
4	T ₀	3	5	5
5	T ₁	4	4	4
6	T ₁	3	5	5
7	T ₁	3	4	4
8	T ₁	4	4	4
9	T ₂	4	4	4
10	T ₂	4	3	3
11	T ₂	5	4	4
12	T ₂	4	4	3
13	T ₃	5	3	3
14	T ₃	5	3	3
15	T ₃	5	3	3
16	T ₃	5	3	3

Fuente: (Laboratorio de Curtiembre ESPOCH,2018)

Tabla 3-4:Resultados de los análisis químicos realizados a los cueros caprinos terminados.

Nº	Detalle	Humedad Min.12% Max 18 % Método INEN 565	pH Min.3.5 Max.4.5 Método INEN 1072	Δ pH Max. 1 Método INEN 1072
1	T ₀	12.24	3.99	0.6
2	T ₀	12.45	3.97	0.5
3	T ₀	13.12	3.99	0.5
4	T ₀	12.32	3.99	0.7
5	T ₁	12.07	4.12	0.7
6	T ₁	12.58	4.14	0.7
7	T ₁	12.62	4.15	0.4
8	T ₁	12.42	4.18	0.7
9	T ₂	12.24	4.24	0.6
10	T ₂	12.52	4.32	0.7
11	T ₂	12.99	4.27	0.8
12	T ₂	12.98	4.25	0.8
13	T ₃	12.06	4.48	0.7
14	T ₃	12.47	4.42	0.9
15	T ₃	12.52	4.44	0.7
16	T ₃	13.07	4.42	0.9

Realizado por: Diego Barzallo, 2018

4.2. Análisis de Resultados

Como se detalló en los epígrafes anteriores, para la obtención de cueros se aplicó diferentes niveles de ácidos húmicos en la curtición de pieles caprinas, para la interpretación de los resultados se dividió la investigación en 5 etapas, las cuales fueron:

- Etapa 1: Determinación del porcentaje de fijación del ácido húmico en la piel mediante el uso de balances de materia en la etapa de curtición
- Etapa 2: Determinación de las propiedades físico-mecánicas del cuero.
- Etapa 3: Determinación de los resultados de las características sensoriales del cuero
- Etapa 4: Determinación de los resultados de las características químicas del cuero
- Etapa 5: Caracterización del agua residual del proceso de curtición

4.2.1. Balance de Materia y Energía del proceso de curtición

4.2.1.1. Fijación del ácido húmico en el proceso de curtición

Para obtener el rendimiento del uso de ácido húmico en la curtición de las pieles se aplicó el balance de materia en la etapa de curtición que fue cuando se añadió el ácido húmico, para esto se empleó la ley de la conservación de la materia y energía, el balance de materia se calculó de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\sum \text{Flujos ingresan al bombo} + \sum \text{Masa que se genera} = \sum \text{Flujos salida del bombo} + \sum \text{Consumo} + \sum \text{Acumulación}$$

En el proceso se asume que del total del ácido húmico una cantidad queda fijada en la piel y otra cantidad se elimina en el agua residual del baño de curtición, dando como resultado de esta asunción que la generación de sustancias químicas para este proceso reactivo se descarta debido a que se trata de una reacción irreversible como también se anula la acumulación de sustancias químicas debido a que se trata de un proceso estacionario, quedando la ecuación para el balance de masa de las sustancias igual a:

$$\sum \text{ácido húmico inicial} = \sum \text{ácido húmico en el agua residual} + \sum \text{ácido húmico consumido en la piel}$$

Se desarrolló el balance para cada uno de los tratamientos, sin embargo, después de realizar los respectivos cálculos que se muestran en la tabla 1-4, se establece que el tratamiento T2 (10% de ácido húmico + 15% de tara) obtuvo la fijación óptima para mejorar la calidad del cuero curtido, por lo que los cálculos efectuados fueron los siguientes:

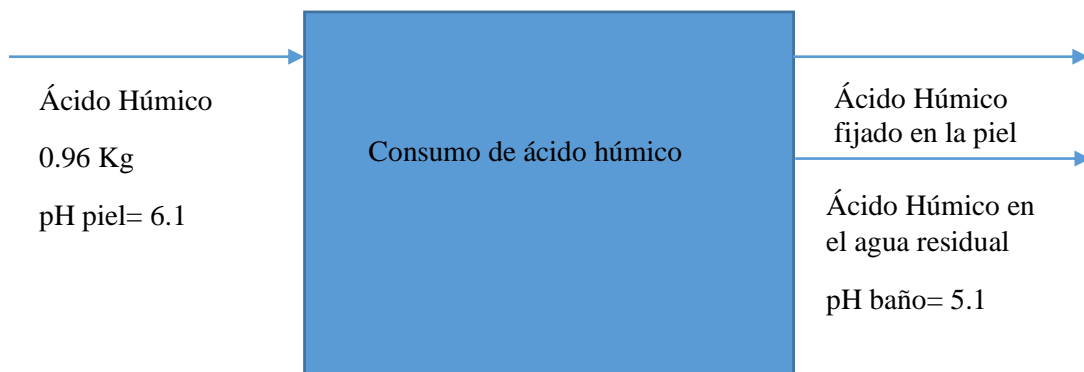


Figura 1-4: Diagrama para el balance de materia para el ácido húmico en la piel

Realizado por: Diego Barzallo, 2018

Como primer punto se determinó la diferencia de pH para determinar la concentración de iones hidrógenos de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\Delta pH = pH_{piel} - pH_{agua\ residual}$$

$$\Delta pH = 6.1 - 5.1$$

$$\Delta pH = 1$$

La concentración de iones hidrogeno es igual a:

$$\Delta pH = -\log[H^+]$$

$$[H] = e^{-\Delta pH}$$

$$[H] = 0.37 \frac{n H}{l sol}$$

Después se determinó la masa de ácido húmico que reaccionó de acuerdo a:

$$n_H = [H] * V_{solución}$$

$$n_H = 0.37 \frac{n H}{l sol} * 39 l solución$$

$$n_H = 14.43 mol$$

$$masa_{\text{Ácido Húmico}} = n_H * \frac{n \text{ Ácido Húmico}}{nH} * \frac{m \text{ Ácido Húmico}}{n \text{ Ácido Húmico}}$$

$$masa_{\text{Ácido Húmico}} = 14.43 * \frac{1 mol \text{ Ácido Húmico}}{9 moles de Hidrogeno} * \frac{227 g \text{ Ácido Húmico}}{1 mol \text{ Ácido Húmico}} * \frac{1 Kg}{1000 g \text{ Ácido Húmico}}$$

$$masa_{\text{Ácido Húmico agua residual}} = 0.364 Kg$$

Por lo que el flujo de salida de ácido húmico en el agua residual fue igual a:

$$\sum \text{ácido húmico consumido en la piel} = \sum \text{ácido húmico inicial} - \sum \text{ácido húmico en el agua residual}$$

$$m_{\text{Acido Humico consumido en la piel}} = 0.96 - 0.364$$

$$m_{\text{Acido Humico consumido en la piel}} = 0.596 Kg$$

De acuerdo con esto el porcentaje de ácido húmico que se fija en la piel es igual a:

$$\% \text{ Fijación en la piel} = \left(1 - \frac{m_{\text{Acido Humico en el agua residual}}}{m_{\text{Acido Humico en la entrada}}} \right) * 100$$

$$\% \text{ Fijación en la piel} = 62.08 \%$$

Tabla 4-4: Resultados obtenidos al balance de masa en la curtición de los cueros con ácido húmico

Tratamiento	pH inicial	pH final	Entrada de ácido húmico (Kg)	Salida de ácido húmico en el agua (Kg)	Ácido Húmico consumido (Kg)	% de Fijación
T1 (5% de ácido húmico + 15% de tara)	5.9	4.3	0.49	0.09	0.40	81.63
T2 (10% de ácido húmico + 15% de tara)	6.1	5.1	0.96	0.364	0.596	62.08
T3 (20% de ácido húmico + 15% de tara)	6.3	5.4	1.56	0.64	0.92	58.97

Realizado por: Diego Barzallo, 2018

4.2.1.2. Balance de Energía en el proceso de curtición

Para realiza el balance de energía en el fulón de curtición se aplicó la ecuación de conservación de energía y movimiento, para el proceso se tiene que:

$$\Delta H_{1-2} = W + Q + \Delta E_{c_{1-2}} + \Delta P_{1-2}$$

Donde:

ΔH_{1-2} : Variación de la entalpia en el proceso de curtición, kW

W : Trabajo aportado para que ruede el bombo, kW

Q : Calor suministrado o liberado por el bombo, kW

$\Delta E_{c_{1-2}}$: Variación de energía cinética en el proceso de curtición, kW

ΔP_{1-2} : Variacion de la energia potencial en el proceso de curtición, kW

En el proceso de curtiembre dentro del bombo no desprende ni absorbe calor por lo que se considera un sistema adiabático, así como también la altura del flujo se mantiene constante por lo que es nula la variación de energía potencial, de acuerdo con estas afirmaciones la variación de entalpia para el proceso será igual a:

$$\Delta H_{1-2} = W + \Delta E_{c_{1-2}}$$

Para calcular la diferencia de energía cinética se conoce que el sistema parte del reposo y alcanza una velocidad constante igual a 8 rpm, como resultado de esto la variación de la energía cinética es igual a:

$$\Delta E_{c_{1-2}} = E_{c_2} - E_{c_1}$$

$$\Delta E_{c_{1-2}} = \frac{1}{2}mv^2$$

$$\Delta E_{c_{1-2}} = \frac{1}{2}(9.6 \text{ kg})(8 \text{ rpm} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} * \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}} * \frac{0.45 \text{ m}}{1 \text{ rad}})^2$$

$$\Delta E_{c_{1-2}} = 0.68 \text{ W} \cdot \text{s}$$

El bombo trabajo por 7.25 horas, por lo que la potencia consumida fue igual a:

$$\Delta E_{c_{1-2}} = 2.6 * 10^{-8} \text{ kW}$$

Para calcular el trabajo consumido por el motor, se recogió el dato de que la potencia del bombo fue igual a 0.5 Hp, con este dato el trabajo consumido fue igual a:

$$W_{consumido} = \text{Potencia del motor}$$

$$W_{consumido} = 0.5 \text{ Hp} * \frac{0.7457 \text{ kW}}{1 \text{ Hp}}$$

$$W_{consumido} = 0.373 \text{ kW}$$

La variación de la entalpia va a ser igual a:

$$\Delta H_{1-2} = W + \Delta E_{c_{1-2}}$$

$$\Delta H_{1-2} = 0.373 + 2.6 * 10^{-8} kW$$

$$\Delta H_{1-2} = 0.373 kW$$

4.2.2. Análisis físico-mecánicas del cuero

Las características físico-mecánicas del cuero emulan las fuerzas externas que soportaran los cueros cuando son utilizados para la confección de prendas de vestir, calzado o marroquinería, por lo que es fundamental para determinar la calidad de los mismos evaluar las diferentes resistencias que presenta el cuero.

En la presente investigación se evaluó la resistencia a la tensión, porcentaje de elongación y lastometría como se observa en el Anexo F, estos resultados obtenidos fueron tabulados con la herramienta computacional Excel y el paquete estadístico infostat, el resumen estadístico de los resultados se muestra en la tabla 5-4 y el análisis individual de las pruebas se abordará en los epígrafes 4.2.2.1, 4.2.2.2 y 4.2.2.3.

Tabla 5-4: Evaluación de las resistencias físico –mecánicas de los cueros caprinos curtidos por efecto de la adición de diferentes niveles de ácido húmico en combinación con Tara

VARIABLES	NIVELES DE ÁCIDO HÚMICO								Limite permisible	*EE	*PROB	*SIGN
	0%T0		5%T1		10%T2		20%T3					
Resistencia a la tensión, N/cm ²	2219.12	a	1940.37	a	2973.79	a	2260.56	a	>1500	276.82	0.1063	ns
Porcentaje de Elongación, %	49.37	a	43.13	a	62.50	b	53.13	a	>40	2.85	0.0032	**
Lastometría, mm	7.35	a	7.24	a	7.89	b	7.15	a	>7	0.13	0.0056	**

*EE: Error Estadístico

*PROB: Probabilidad

*SIGN: Significancia

**Las diferencias son altamente significativas P<0.05

Promedios con letras diferentes difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de Tukey P<0.05

Realizado por: Diego Barzallo, 2018

4.2.2.1. Resistencia a la tensión de los cueros

En el análisis de la resistencia a la tensión de las pieles caprinas curtidas por efecto de la adición de diferentes niveles de ácido húmico más el 15% de tara no reportaron diferencias significativas ($P > 0.05$) entre medias, las mejores respuestas se reportaron cuando se adiciono el 10% de ácido húmico (T2) cuyas medias fueron iguales a 2973.79 N/cm², mismas que disminuyeron hasta alcanzar valores iguales a 2260.56 N/cm² cuando se curtió las pieles con 20% de ácido húmico (T3).

Siguiendo el análisis se obtuvieron las medias cuando no se adiciono ácido húmico (T0) y se curtió únicamente con 15% de tara cuyas medias fueron iguales a 2219.12 N/cm² y las respuestas más bajas se reportaron cuando se adiciono el 5% de ácido húmico (T1) en la curtición las medias reportadas fueron iguales a 1940.37 N/cm² como se ilustra en el gráfico 1-4.

Al no reportarse diferencias estadísticas entre las medias, se afirma que la adición de diferentes niveles de ácido húmico en la curtición de las pieles no afecta directamente a la prueba de resistencia a la tensión, sin embargo, en todos los tratamientos de la presente investigación se obtuvo cueros que cumplen con la norma técnica IUP 6 que como valor mínimo los cueros deben superar los 1500 N/cm².

Tabla 6-4: Análisis estadístico de la resistencia a la tensión de las pieles caprinas curtidas por efecto de los diferentes niveles de ácido húmico en combinación con tara.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Fisher calculado	Fisher 0.05	Prob	Sign
Total	15	6004578.37	400305.22				
Tratamiento	3	2328203.69	776067.90	2.53	3.49	0.1063	Ns
Error	12	3676374.68	306364.56				

Realizado por: Diego Barzallo, 2018

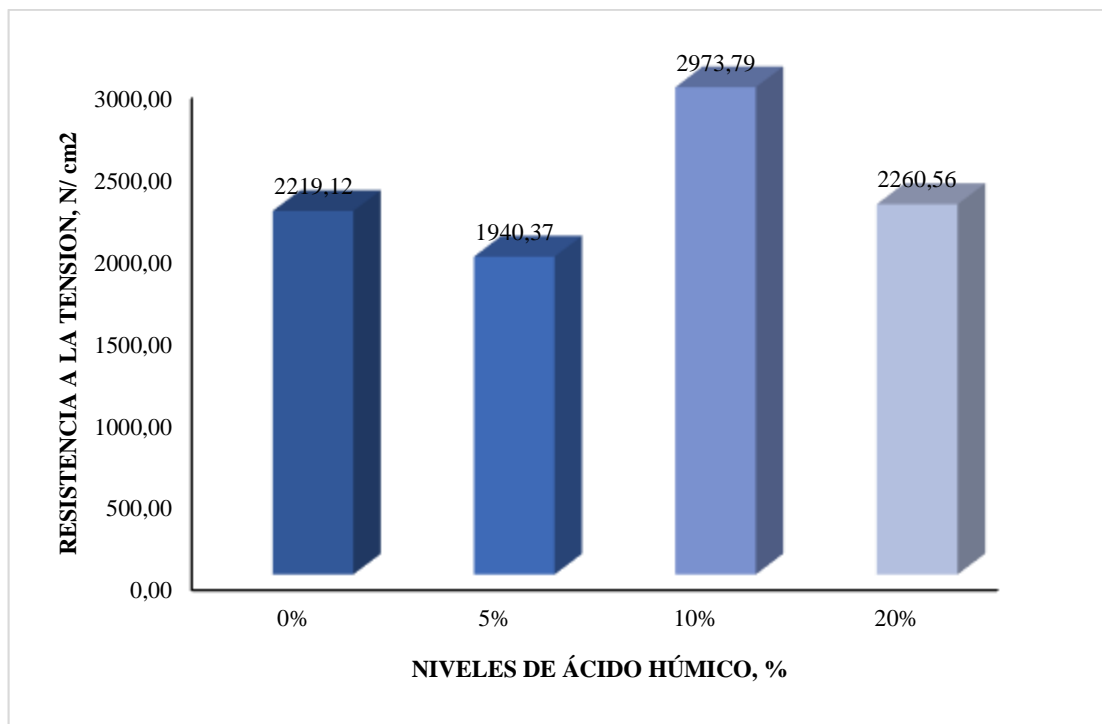


Gráfico1-4: Resistencia a la tensión de los cueros caprinos curtidos por efecto de la adición de diferentes niveles de ácido húmico en combinación con tara

Realizado por: Diego Barzallo, 2018

4.2.2.2. Porcentaje de Elongación

El porcentaje de elongación mide la fuerza de estiramiento de las pieles al aplicar fuerzas en diferentes direcciones, emulando así las prestaciones del cuero en cocidos, en la presente prueba se evaluó la interacción de diferentes niveles de ácido húmico en la curtición de pieles caprinas, esta prueba reporto diferencias estadísticas altamente significativas ($P < 0.05^{**}$) entre medias.

En el análisis de los resultados numéricas, las mejores respuestas se reportaron cuando se curtió las pieles con el 10% de ácido húmico (T2) cuyas medias fueron iguales a 62.50%, las que disminuyeron a 53.13% cuando se curtió las pieles con el 20% de ácido húmico (T3), a continuación se reportaron las respuestas cuando se curtió las pieles en el tratamiento testigo (T0) cuyas medias fueron iguales a 49.37% y las respuestas más bajas se reportaron con la adición de 5% de ácido húmico (T1) cuyas medias fueron iguales a 43.13% como se ilustra en el gráfico 2-4.

Al reportarse diferencias estadísticas entre medias, se discute que existe interacción entre los niveles de ácido húmico adicionado en la curtición de pieles caprinas y el porcentaje de elongación, de acuerdo a los resultados obtenidos se afirma que al utilizar mayor cantidad de

ácido húmico se mejora la elongación de los cueros, siendo el 10% el nivel que alcanza mejores resultados a la presente prueba, los 4 tratamientos lograron cumplir con la norma técnica IUP 6 que para la elongación el mínimo es 40%.

Tabla 7-4: Análisis estadístico del porcentaje de elongación de las pieles caprinas curtidas por efecto de los diferentes niveles de ácido húmico en combinación con tara.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Fisher calculado	Fisher 0.05	Prob	Sign
Total	15	1177.734375	78.52				
Tratamiento	3	788.671875	262.89	8.11	3.49	0.0032	**
Error	12	389.0625	32.42				

Realizado por: Diego Barzallo, 2018.

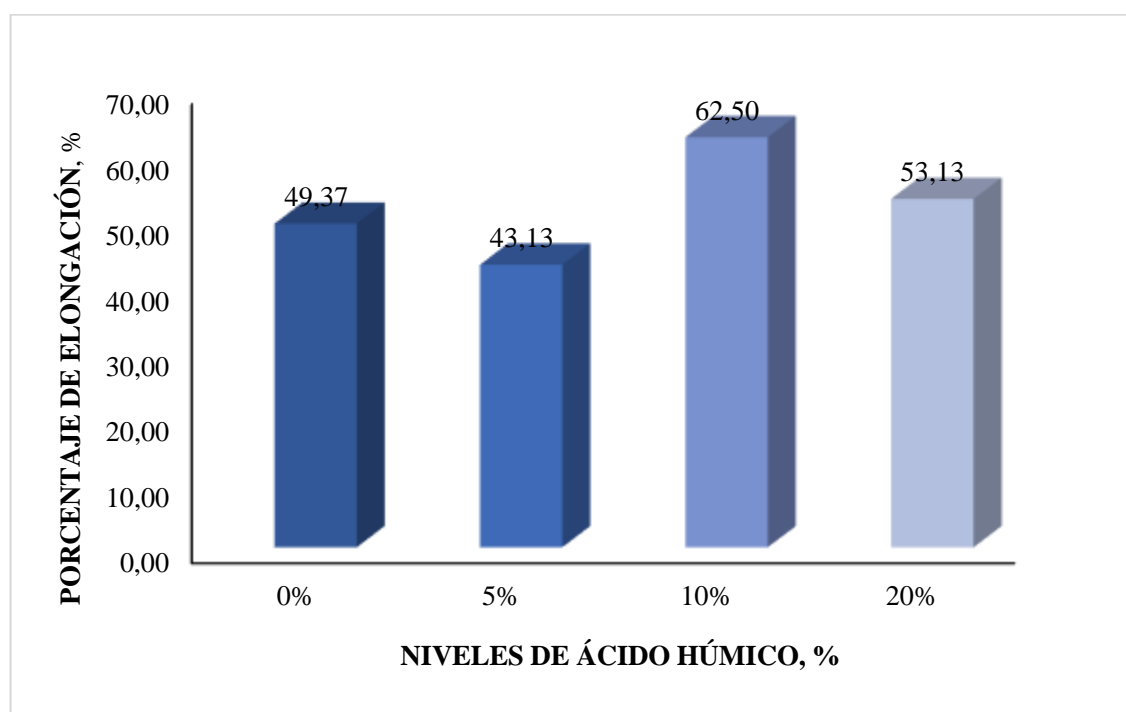


Gráfico 2-4: Porcentaje de elongación de los cueros caprinos curtidos por efecto de la adición de diferentes niveles de ácido húmico en combinación con tara

Realizado por: Diego Barzallo, 2018.

En el análisis de la regresión para el porcentaje de elongación que se ilustra en el gráfico 3-4; se reportó una tendencia cúbica altamente significativa entre las medias, partiendo de un intercepto igual a 49.375%, las respuestas decrecieron en 5.895% por cada nivel de ácido húmico hasta adicionar el 5%, después las medias se incrementaron en 1.1375% por cada nivel cuadrático de

ácido húmico adicionado hasta alcanzar el valor máximo cuando se adiciono el 10% de ácido húmico y después decrecieron en 0.0417% por nivel cúbico de ácido húmico adicionado; reportando un coeficiente de determinación igual a 66.97% que son producto de las variaciones de los tratamientos y del error experimental. La ecuación que describió el comportamiento de la regresión para el porcentaje de elongación fue igual a:

$$\text{Porcentaje de Elongación} = -0.0417(\% \text{AH})^3 + 1.1375(\% \text{AH})^2 - 5.8958(\% \text{AH}) + 49.375$$

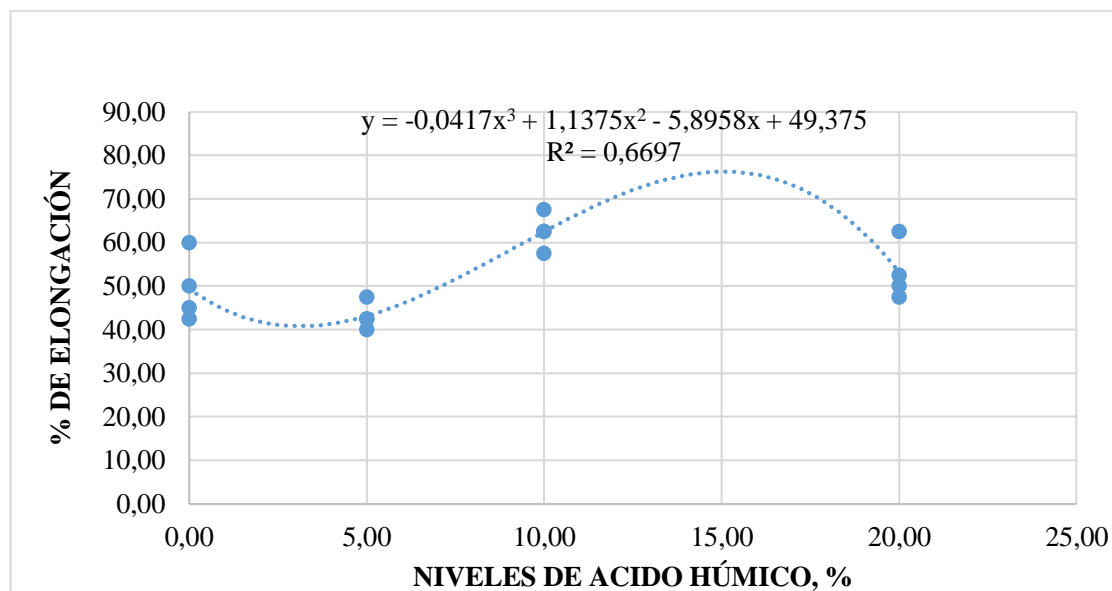


Gráfico 3-4: Regresión del porcentaje de elongación de los cueros caprinos curtidos por efecto de la adición de diferentes niveles de ácido húmico en combinación con tara

Realizado por: Diego Barzallo, 2018.

4.2.2.3. Lastometría

La lastometría mide la resistencia del cuero a fuerzas multidireccionales, lo que provoca la ruptura del cuero, por lo que es importante que se logre cumplir con los estándares de calidad que se establecen, en la presente prueba se evaluó la lastometría de los cueros curtidos por efecto de la adición de diferentes niveles de ácido húmico, las medias reportaron diferencias altamente significativas ($P < 0.01^{**}$).

Las mejores respuestas se reportaron cuando se adiciono el 10% de ácido húmico (T2) alcanzando medias iguales a 7.89 mm, mismas que disminuyeron hasta alcanzar medias iguales a 7.35 mm cuando se curtió las pieles únicamente con 15% de tara (T0), a continuación, se reportaron las medias cuando se curtió con el 5% de ácido húmico (T1) con medias iguales a 7.24 mm y las

respuestas más bajas se reportaron cuando se curtió las pieles con el 20% de ácido húmico (T3) cuyas medias fueron iguales a 7.15 mm.

La lastometría de acuerdo a los resultados es directamente proporcional al nivel de ácido húmico adicionado en la curtición, por lo que al aumentar los niveles del ácido se mejoran las respuestas a esta prueba de calidad, las respuestas lograron cumplir con la norma técnica IUP 9, que como valor mínimo reporta que se debe superar los 7 mm.

Tabla 8-4: Análisis estadístico de la lastometría de las pieles caprinas curtidas por efecto de los diferentes niveles de ácido húmico en combinación con tara.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Fisher calculado	Fisher 0.05	Prob	Sign
Total	15	2.07862086	0.14				
Tratamiento	3	1.32215902	0.44	6.99	3.49	0.0056	**
Error	12	0.75646184	0.06				

Realizado por: Diego Barzallo, 2018.

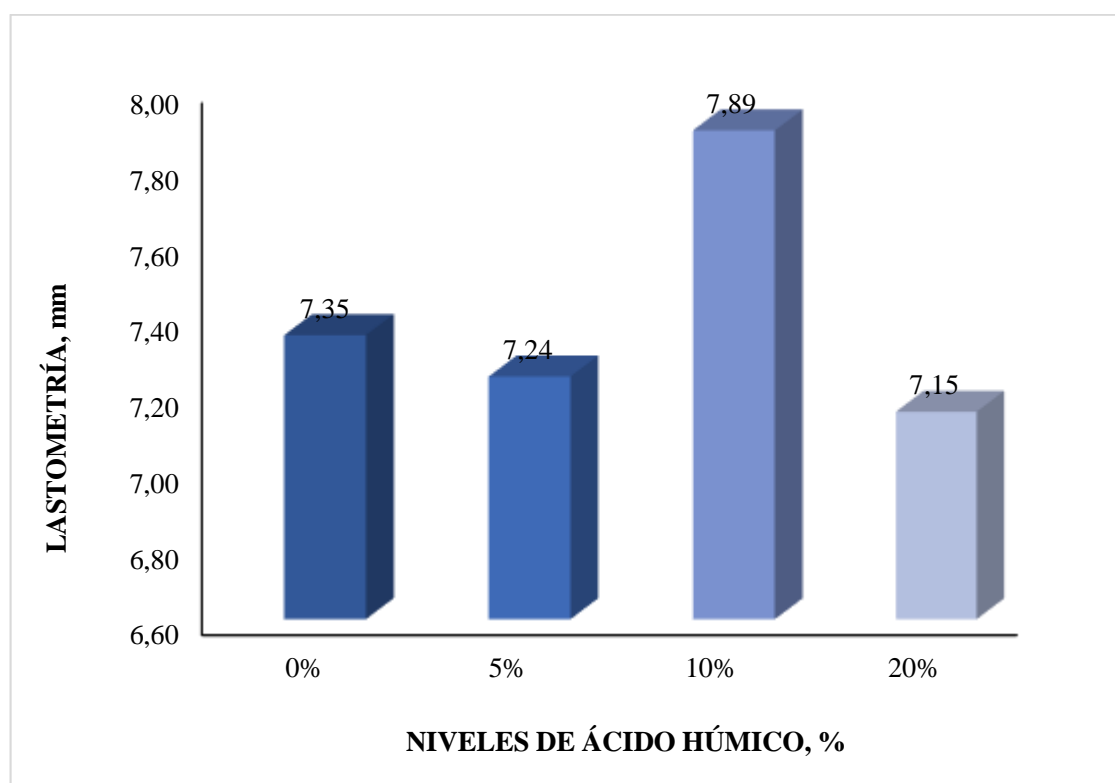


Gráfico 4-4: Lastometría de los cueros caprinos curtidos por efecto de la adición de diferentes niveles de ácido húmico en combinación con tara

Realizado por: Diego Barzallo, 2018.

La regresión para la prueba física lastometría se ilustra en el gráfico 5-4, en donde se puede apreciar una tendencia cubica altamente significativa, partiendo de un intercepto igual a 7.3475 mm las medias disminuyeron en 0.1695 mm por nivel de ácido húmico, a continuación se incrementaron en 0.0367 mm por nivel cuadrático adicionado en la curtición hasta alcanzar el valor máximo cuando se curtió con el 10% de ácido húmico y posteriormente las medias disminuyeron en 0.0014 mm por nivel cubico adicionado de ácido húmico, la curva reporto un coeficiente de determinación igual a 63.61%; para el cálculo de la ecuación de la lastometría se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{Lastometría} = -0,0014(\%AH)^3 + 0,0367(\%AH)^2 - 0,1695(\%AH) + 7,3475$$

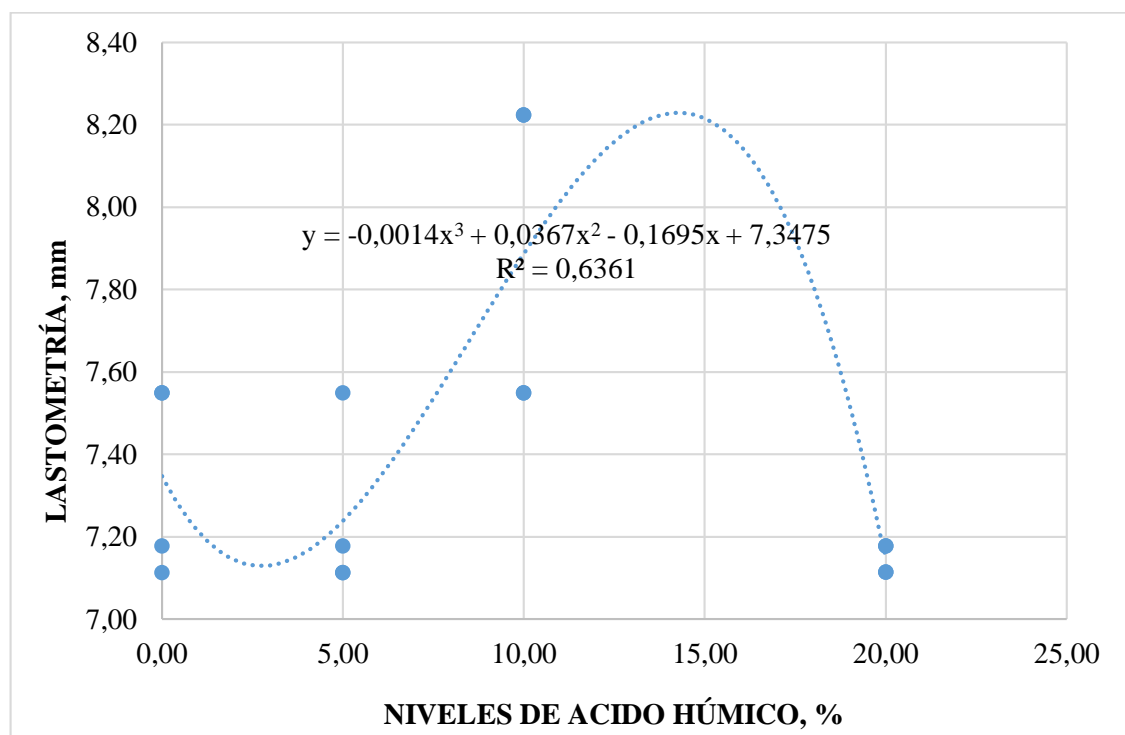


Gráfico 5-4: Regresión del porcentaje de elongación de los cueros caprinos curtidos por efecto de la adición de diferentes niveles de ácido húmico en combinación con tara

Realizado por: Diego Barzallo, 2018.

4.2.3. Análisis de las características sensoriales del cuero

Para determinar la aceptación que el cuero tendrá en el mercado, se debe realizar el análisis de las características sensoriales en donde un juez calificador juzgó las pieles bajo parámetros establecidos y determino mediante los sentidos la calidad final del cuero, en la presente investigación se estudió la llenura, blandura y soltura de flor de los cueros caprinas, los resultados obtenidos se observan en el Anexo G y el resumen estadístico se reporta en la tabla 9-4.

Tabla 9-4: Evaluación de las características sensoriales de los cueros caprinos curtidos por efecto de la adición de diferentes niveles de ácido húmico en combinación con Tara

VARIABLES	NIVELES DE ÁCIDO HÚMICO								*H	*EE	*PROB	*SIGN
	0%T0		5%T1		10%T2		20%T3					
Llenura, puntos.	3,00	a	3,50	a	4,25	b	5,00	c	11,18	0,19	0,0057	**
Blandura, puntos.	5,00	c	3,25	a	4,00	b	3,00	a	11,91	0,13	0,0034	**
Soltura de Flor, puntos.	5,00	c	3,50	a	4,25	b	3,00	a	11,18	0,19	0,0057	**

*H: Factor Kruskal-Wallis

*EE: Error Estadístico

*PROB: Probabilidad

*SIGN: Significancia

**Las diferencias son altamente significativas $P < 0.05$

Promedios con letras diferentes difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de Tukey $P < 0.05$

Realizado por: Diego Barzallo, 2018.

4.2.3.1. Llenura

Se evaluó la llenura de los cueros caprinos curtidos por efecto de la adición de diferentes niveles de ácido húmico, para la presente prueba se reportó diferencias altamente significativas ($P < 0.01^{**}$) entre medias, los mejores resultados se obtuvieron al curtir las pieles con el 20% de ácido húmico (T3) cuyas medias fueron iguales a 5,00 puntos, escogiendo la escala de calificación propuesta por (Hidalgo, 2004, pp. 30).

A continuación se reportaron las medias cuando se curtió las pieles con el 10% de ácido húmico (T2) cuyas medias fueron iguales a 4,25 puntos, las cuales disminuyeron a valores iguales a 3,50 puntos cuando se curtió las pieles con el 5% de ácido húmico (T1) y las respuestas más bajas se reportaron en el tratamiento testigo, en donde no se adicionó ácido húmico (T0) cuyas medias fueron iguales a 3,00 puntos; como se muestra en el gráfico 6-4.

Tabla 10-4: Evaluación de la llenura de los cueros caprinos curtidos por efecto de la adición de diferentes niveles de ácido húmico en combinación con Tara

Variable	Niveles	N	Medias	D.E.	Medianas	H	P
Llenura	0%	4	3	0	3	11,18	0,0057
Llenura	5%	4	3,5	0,58	3,5		
Llenura	10%	4	4,25	0,5	4		
Llenura	20%	4	5	0	5		

Realizado por: Diego Barzallo, 2018.

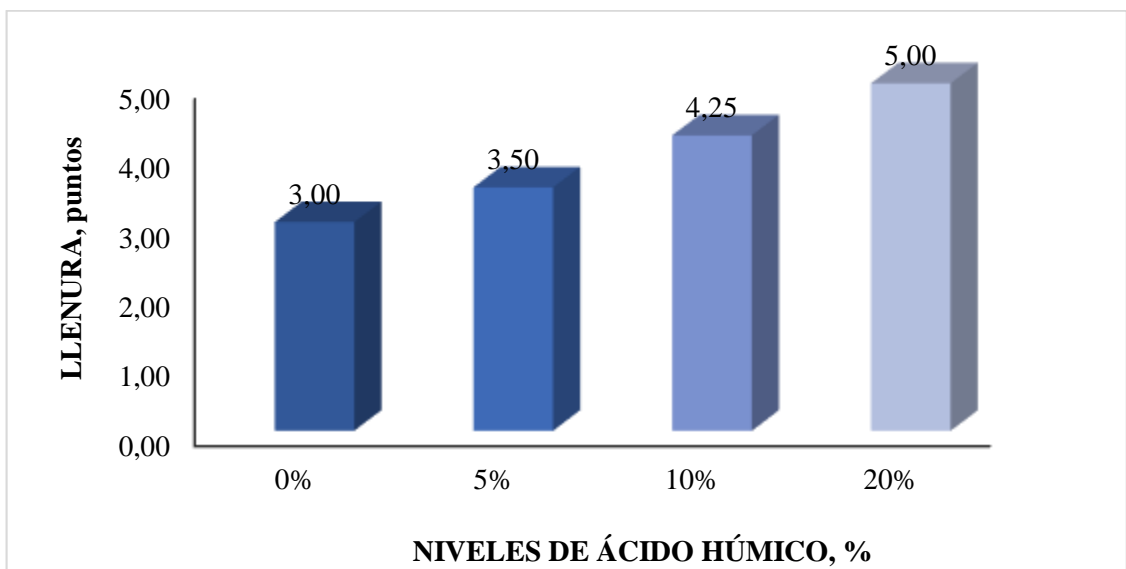


Gráfico 6-4: Llenura de los cueros caprinos curtidos por efecto de la adición de diferentes niveles de ácido húmico en combinación con tara

Realizado por: Diego Barzallo, 2018.

Al obtenerse diferencias estadísticas entre los tratamientos, se interpreta que la llenura depende directamente del nivel de ácido húmico adicionado en la curtición, siendo una relación directamente proporcional ya que al aumentar los niveles de ácido húmico se aumenta la llenura de las pieles, obteniéndose con el 20% los cueros con mayor llenura en la investigación.

Los datos de la llenura se ajustaron a una regresión lineal altamente significativa, en donde partiendo de un intercepto igual a 3.05 puntos las medias aumentaron progresivamente en 0.1014 puntos por cada nivel de ácido húmico adicionado en la curtición, reportando un coeficiente de determinación igual a 82.3% como se ilustra en el gráfico 7-4; la ecuación de la regresión lineal para la llenura fue:

$$\text{Llenura} = 0,1014(\% \text{AH}) + 3,05$$

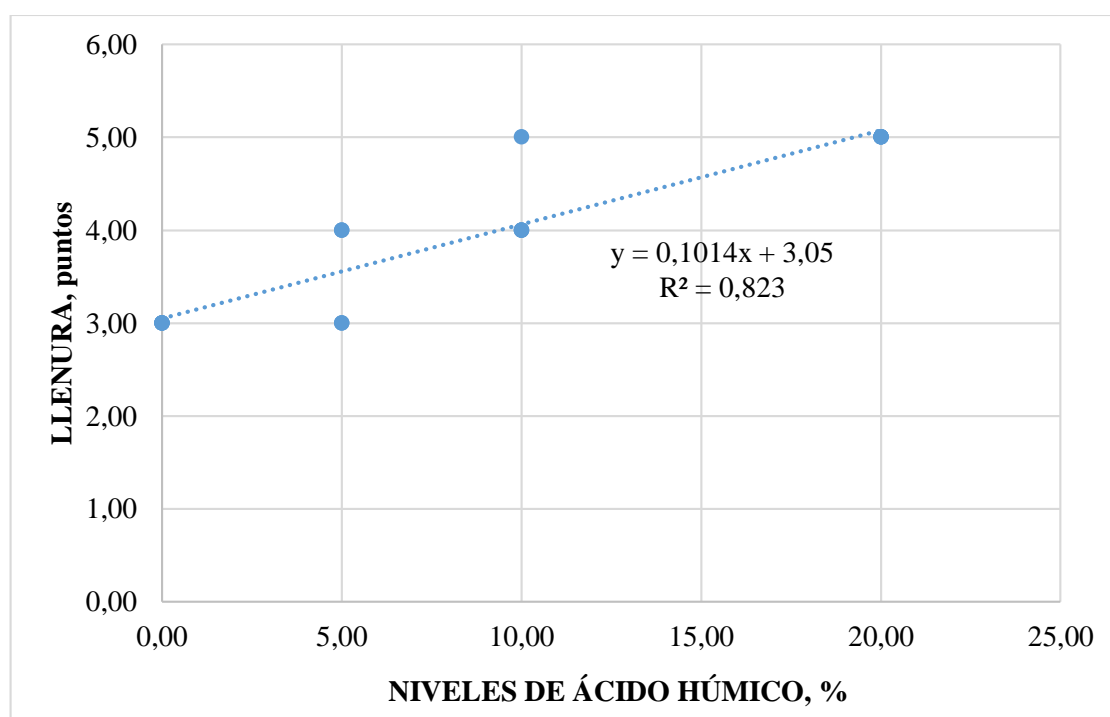


Gráfico 7-4: Regresión de la llenura de los cueros caprinos curtidos por efecto de la adición de diferentes niveles de ácido húmico en combinación con tara

Realizado por: Diego Barzallo, 2018.

4.2.3.2. Blandura

La blandura del cuero permite establecer si todo el plano de la piel se encuentra con la misma textura 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 la interacción de la blandura y los diferentes

niveles de ácido húmico adicionados en la curtición, reportándose diferencias altamente significativas ($P < 0.01^{**}$) entre medias.

Las mejores respuestas se reportaron cuando se curtió las pieles caprinas con el 0% de ácido húmico (T0) cuyas medias fueron iguales a 5.00, las medias disminuyeron hasta alcanzar valores iguales a 4.00 puntos, cuando se curtió las pieles con el 10% de ácido húmico (T2), a continuación se reportaron las medias cuando se curtió las pieles con el 5% de ácido húmico (T1) con medias iguales a 3.25 puntos y las respuestas más bajas se reportaron cuando se curtió con 20% de ácido húmico (T3) con medias iguales a 3.00 puntos como se ilustra en el grafico 8-4.

Tabla 11-4: Evaluación de la blandura de los cueros caprinos curtidos por efecto de la adición de diferentes niveles de ácido húmico en combinación con Tara

Variable	Niveles	N	Medias	D.E.	Medianas	H	P
Blandura	0%	4	5	0	5	11,91	0,0034
Blandura	5%	4	3,25	0,5	3		
Blandura	10%	4	4	0	4		
Blandura	20%	4	3	0	3		

Realizado por: Diego Barzallo, 2018.

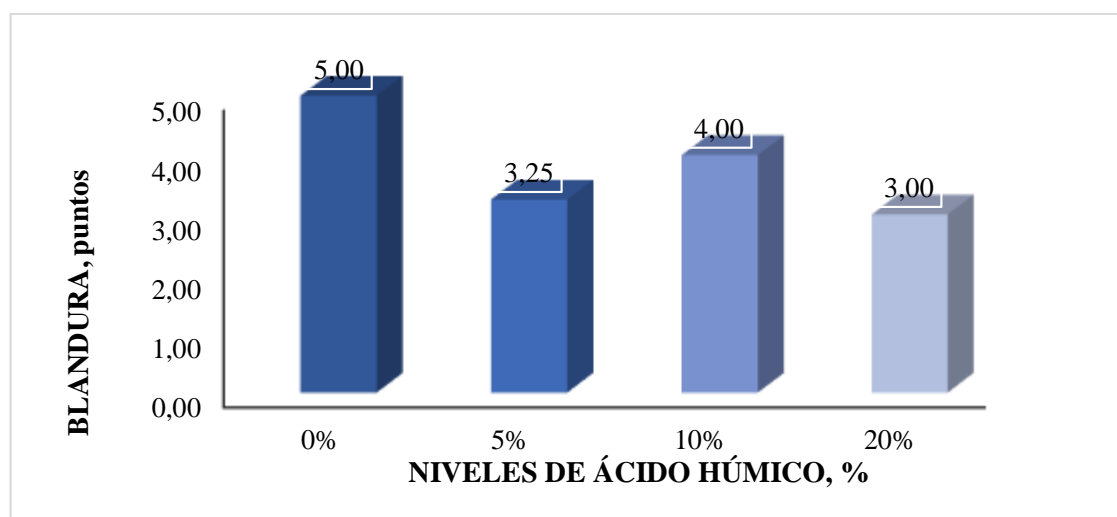


Gráfico 8-4: Blandura de los cueros caprinos curtidos por efecto de la adición de diferentes niveles de ácido húmico en combinación con tara

Realizado por: Diego Barzallo, 2018.

De acuerdo a los valores obtenidos se interpreta que la blandura depende del nivel de ácido húmico adicionado en la curtición, por lo que las mejores respuestas se reportaron cuando únicamente se curtió con tara, un escaso o excesiva cantidad de ácidos húmicos generan

reacciones de curtición que no favorecen a la blandura obteniéndose mejores resultados en su blandura al curtir con 10% ácido húmico en la presente investigación.

El análisis de la regresión se muestra en el gráfico 9-4, los datos reportaron una tendencia cúbica altamente significativa, en donde partiendo de un intercepto igual de 5 puntos las medias decrecen en 0.7667 puntos por cada nivel de ácido húmico adicionado en la curtición, a continuación se incrementaron en 0.1 puntos por nivel cuadrático adicionado en la curtición hasta alcanzar el valor máximo cuando se curtió con el 10% de ácido húmico y posteriormente las medias disminuyeron en 0.0033 puntos por nivel cubico adicionado de ácido húmico, la curva reporto un coeficiente de determinación igual a 92.81%; la ecuación que se obtuvo para la blandura de las pieles caprinas fue:

$$\text{Blandura} = -0,0033(\% \text{AH})^3 + 0,1(\% \text{AH})^2 - 0,7667(\% \text{AH}) + 5$$

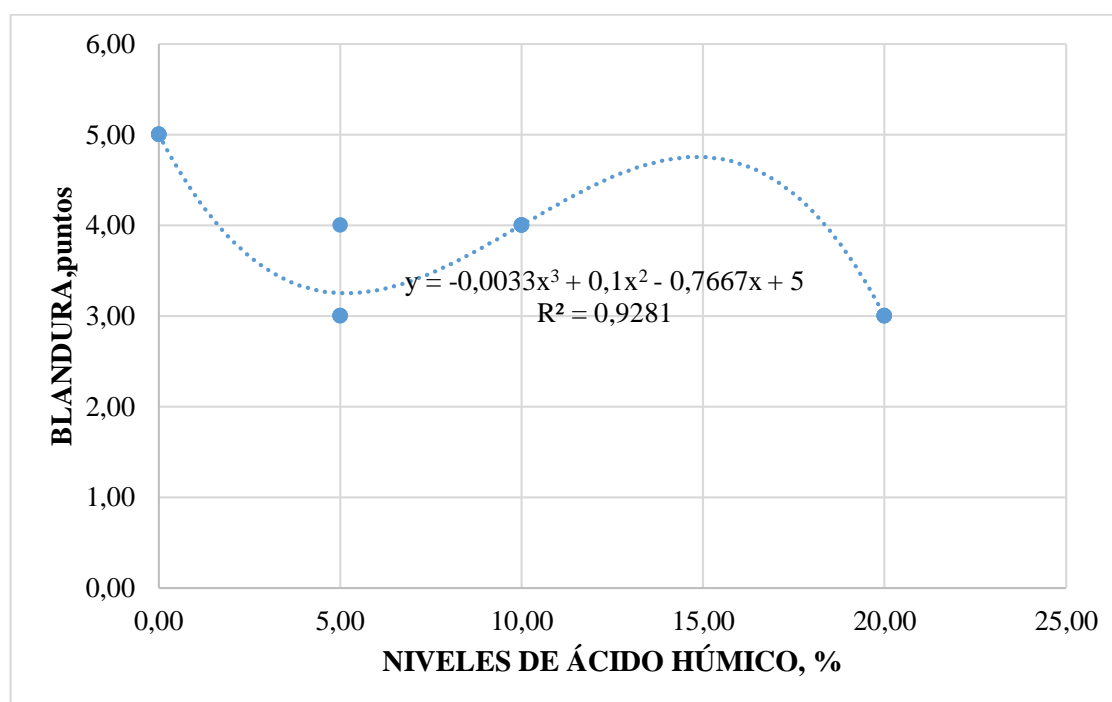


Gráfico 9-4: Regresión de la blandura de los cueros caprinos curtidos por efecto de la adición de diferentes niveles de ácido húmico en combinación con tara

Realizado por: Diego Barzallo, 2018.

4.2.3.3. Soltura de flor

La soltura de flor se evaluó para determinar qué tan compacta quedó la parte flor de la piel después de la curtición, para esta prueba las respuestas presentaron diferencias altamente significativas ($P < 0.01^{**}$) entre medias, obteniéndose las mejores respuestas cuando se curtió únicamente con

tara (T0) cuyas medias fueron iguales a 5.00 puntos, mismas que disminuyeron a 4.25 puntos cuando se curtió las pieles con el 10% de ácido húmico (T2), a continuación se reportaron las medias cuando se curtió el cuero con 5% de ácido húmico (T1) con respuestas iguales a 3.50 puntos y las respuestas más bajas se obtuvieron al curtir con el 20% de ácido húmico (T3) cuyas medias fueron iguales a 3,00 puntos como se ilustra en el gráfico 10-4.

La relación de los datos estudiados establece que al curtir con mayores niveles de ácido húmico los cueros presentan una mayor soltura de flor, por lo que para cueros destinados a la confección de calzado no es rentable debido a que es un defecto en los cueros, pero para otro tipo de confecciones como marroquinería se prefieren cueros con una soltura de flor.

Tabla 12-4: Evaluación de la soltura de flor de los cueros caprinos curtidos por efecto de la adición de diferentes niveles de ácido húmico en combinación con Tara

Variable	Niveles	N	Medias	D.E.	Medianas	H	P
Soltura de Flor	0%	4	5	0	5	11,18	0,0057
Soltura de Flor	10%	4	3,5	0,58	3,5		
Soltura de Flor	20%	4	4,25	0,5	4		
Soltura de Flor	5%	4	3	0	3		

Realizado por: Diego Barzallo, 2018.

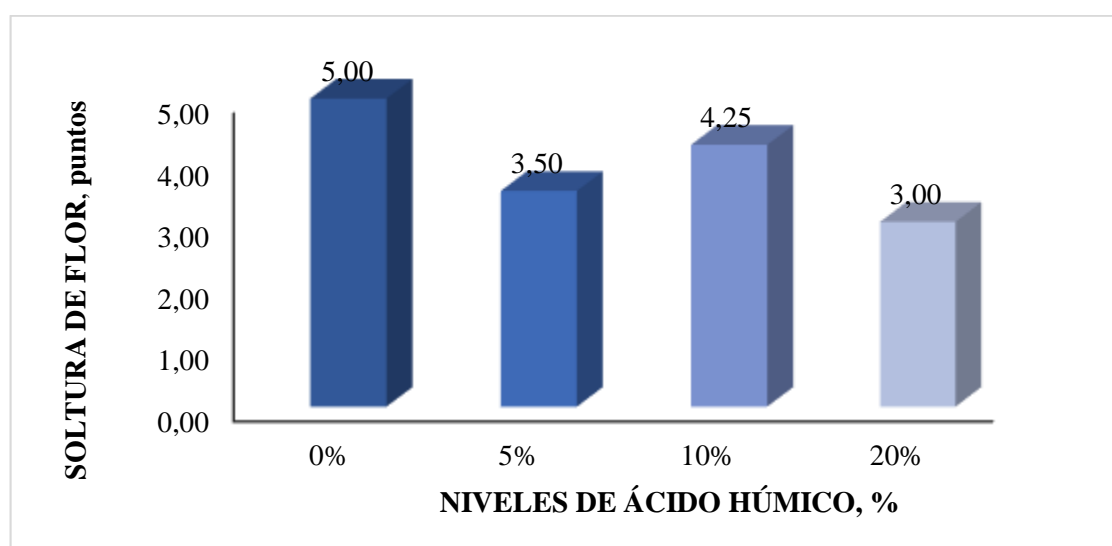


Gráfico 10-4: Soltura de flor de los cueros caprinos curtidos por efecto de la adición de diferentes niveles de ácido húmico en combinación con tara

Realizado por: Diego Barzallo, 2018.

Los datos son estadísticamente significativos ($P < 0.01^*$) por lo tanto se realiza la regresión de la soltura de flor que se ilustra en el gráfico 11-4, los datos reportaron una tendencia cúbica altamente significativa, en donde partiendo de un intercepto igual de 5 puntos las medias decrecen

en 0.6833 puntos por cada nivel de ácido húmico adicionado en la curtición, a continuación se incrementaron en 0.0925 puntos por nivel cuadrático adicionado en la curtición hasta alcanzar el valor máximo cuando se curtió con el 10% de ácido húmico y posteriormente las medias disminuyeron en 0.0032 puntos por nivel cubico adicionado de ácido húmico, la curva reporto un coeficiente de determinación igual a 84 %; la ecuación que se obtuvo para la blandura de las pieles caprinas fue:

$$\text{Soltura de Flor} = -0,0032(\%AH)^3 + 0,0925(\%AH)^2 - 0,6833(\%AH) + 5$$

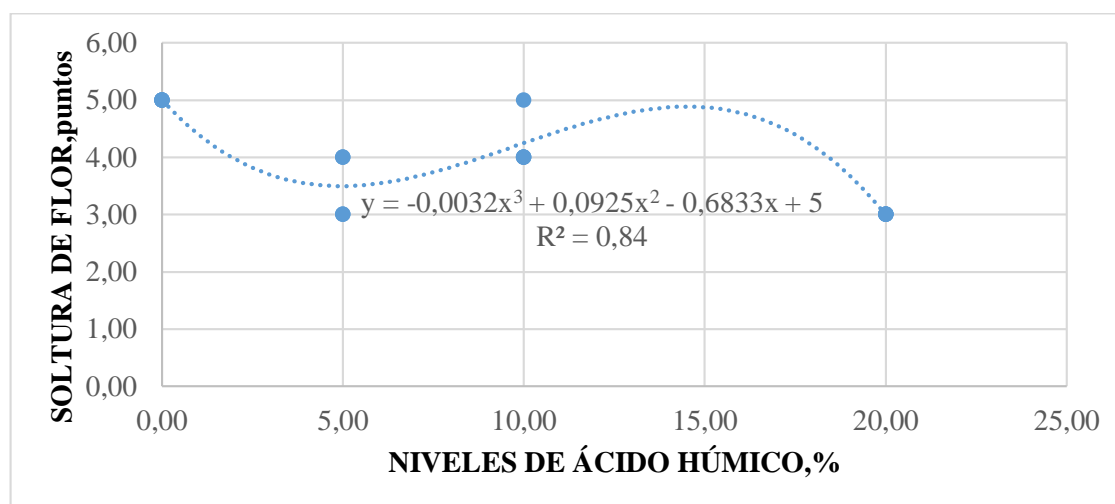


Gráfico 11-4: Regresión de la soltura de flor de los cueros caprinos curtidos por efecto de la adición de diferentes niveles de ácido húmico en combinación con tara

Realizado por: Diego Barzallo, 2018.

4.2.4. Análisis químicos de la piel

Las pruebas químicas que se realizaron al cuero ayudaron a determinar el grado de transformación que sufrió la piel por efecto de la curtición con ácido húmico, los resultados obtenidos del análisis químico se observa en el Anexo H y el tratamiento estadístico de las pruebas químicas que se realizaron a la piel se resumen en la tabla 13-4, se analizó el pH, porcentaje de humedad y el índice de referencia (ΔpH).

La variación del pH ayuda a entender cómo se da la fijación del ácido húmico en la piel y como este afecta a la etapa de curtición, en todos los procesos de transformación de la piel el pH es la variable que controla las características del cuero, por lo que se busca su ajuste; ya que al no obtener las condiciones de pH adecuadas el colágeno no se torna reactivo y se tuviera cueros de deficiente calidad.

Tabla 13-4: Evaluación de las características químicas de los cueros caprinos curtidos por efecto de la adición de diferentes niveles de ácido húmico en combinación con Tara.

VARIABLES	NIVELES DE ÁCIDO HÚMICO								Limite permisible	EE	PROB	SIGN
	0%T0		5%T1		10%T2		20%T3					
Porcentaje de Humedad	12,53	a	12,42	a	12,68	a	12,53	a	>12	0,18	0,7939	ns
pH	3,99	a	4,15	b	4,27	b	4,44	c	>3.5	0,01	<0.0001	**
Índice de Referencia	0,58	a	0,63	a	0,73	a	0,80	a	<1	0,06	0.072	ns

*H: Factor Kruskal-Wallis

*EE: Error Estadístico

*PROB: Probabilidad

*SIGN: Significancia

**Las diferencias son altamente significativas $P < 0.05$

Promedios con letras diferentes difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de Tukey $P < 0.05$

Realizado por: Diego Barzallo, 2018.

4.2.4.1. Porcentaje de Humedad

En el análisis del porcentaje de humedad, se evaluó la incidencia de los diferentes niveles de ácido húmico adicionados en la curtición en relación a la presente prueba, para lo cual no se reportaron diferencias estadísticas ($P > 0.05$) entre medias, las mejores respuestas se reportaron cuando se adiciono el 10% de ácido húmico (T2) cuyas medias fueron iguales a 12,68%.

A continuación, se reportaron las respuestas cuando se adiciono a las pieles caprinas el 20% de ácido húmico y el 0% de ácido húmico (T3 y T0) cuyas medias fueron iguales a 12,53% y las respuestas más bajas se reportaron cuando se adiciono el 5% de ácido húmico (T2) cuyas medias fueron iguales a 12,53%, como se ilustra en el gráfico 12-4.

Tabla 14-4: Evaluación de la soltura de flor de los cueros caprinos curtidos por efecto de la adición de diferentes niveles de ácido húmico en combinación con Tara

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Fisher calculado	Prob	Sign
Total	15	1,72255777	0,11			
Tratamiento	3	0,13546099	0,05	0,34	0.7939	ns
Error	12	1,58709678	0,13			

Realizado por: Diego Barzallo, 2018.

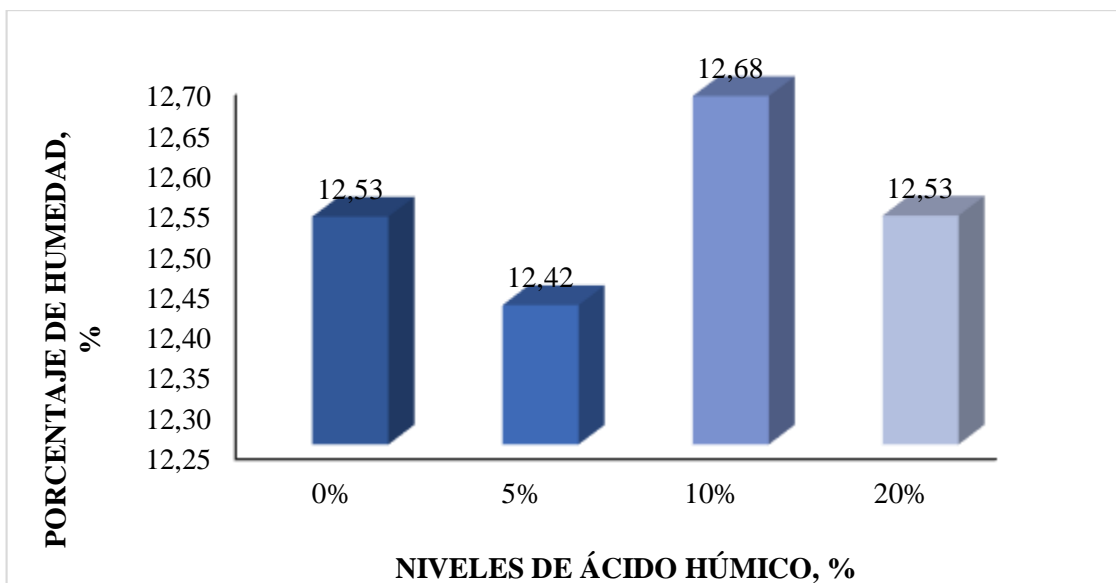


Gráfico 12-4: Porcentaje de humedad de los cueros caprinos curtidos por efecto de la adición de diferentes niveles de ácido húmico en combinación con tara

Realizado por: Diego Barzallo, 2018.

4.2.4.2. pH

El pH del extracto acuoso del cuero terminado se midió para determinar el grado de acidez ya que si no se encuentra en los límites permisibles causara problemas en la salud del usuario, y afectara a las resistencias físico mecánicas del cuero, en el análisis de la presente prueba se reportaron diferencias altamente significativas ($P < 0.01^{**}$) entre medias, las respuestas con menor acidez se reportaron al adicionar el 20% de ácido húmico (T3) cuyas medias fueron iguales a 4.44.

A continuación, se reportaron las medias cuando se adiciono al curtido de las pieles caprinas el 10% de ácido húmico (T2) con medias iguales a 4.27, siguiendo con el análisis se reportaron las medias del tratamiento T1 (5% de ácido húmico) con respuestas iguales a 4.15 y las respuestas más acidas se reportaron en el tratamiento testigo T0 (sin adición de ácido húmico) con valores iguales a 3.99 como se ilustran en el gráfico 13-4.

Tabla 15-4: Evaluación del pH de los cueros caprinos curtidos por efecto de la adición de diferentes niveles de ácido húmico en combinación con Tara

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Fisher calculado	Prob	Sign
Total	15	0,45249375	0,03			
Tratamiento	3	0,44411875	0,15	212,12	<0.0001	**
Error	12	0,008375	0,00			

Realizado por: Diego Barzallo, 2018.

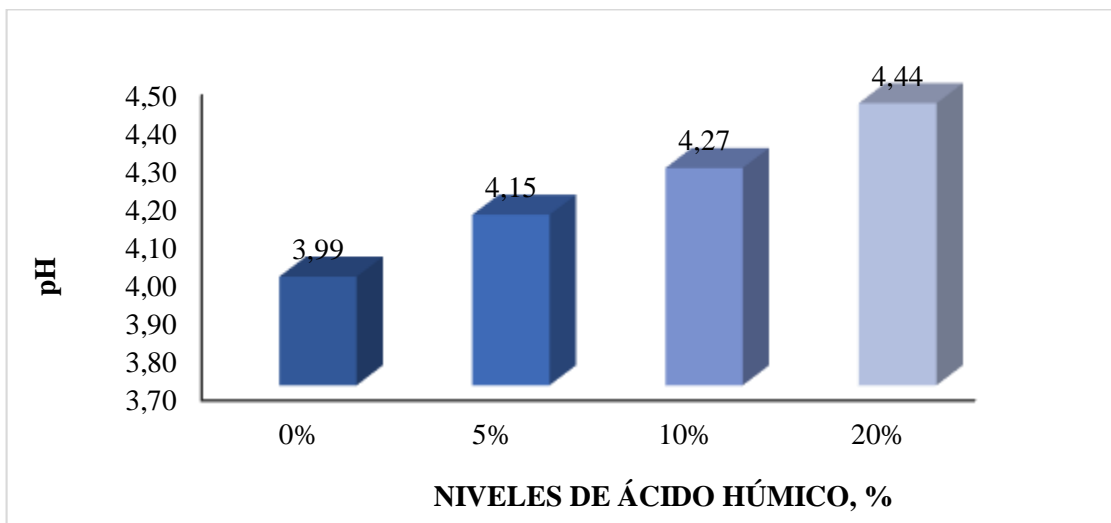


Gráfico 13-4: pH de los cueros caprinos curtidos por efecto de la adición de diferentes niveles de ácido húmico en combinación con tara

Realizado por: Diego Barzallo, 2018.

Al reportarse diferencias estadísticas entre las medias se infiere que existe una relación entre los valores obtenidos al pH del extracto acuoso del cuero terminado y los niveles de ácido húmico adicionados en la curtición, esta relación es inversa por lo que a mayores niveles de ácidos húmicos menor acidez reportara el cuero y esto se da por la naturaleza básica del agente curtiente.

El análisis de la regresión se reporta en el gráfico 14-4, se aprecia una tendencia lineal positiva altamente significativa, las medias partieron de un intercepto igual a 4.016 y aumentaron en 0.022 por nivel de ácido húmico adicionado en la curtición de pieles caprinas, reportando un coeficiente de determinación igual a 0.9567; de acuerdo con esto la ecuación para determinar el pH del extracto acuoso en el cuero terminado fue:

$$\text{pH} = 0,0222(\% \text{AH}) + 4,016$$

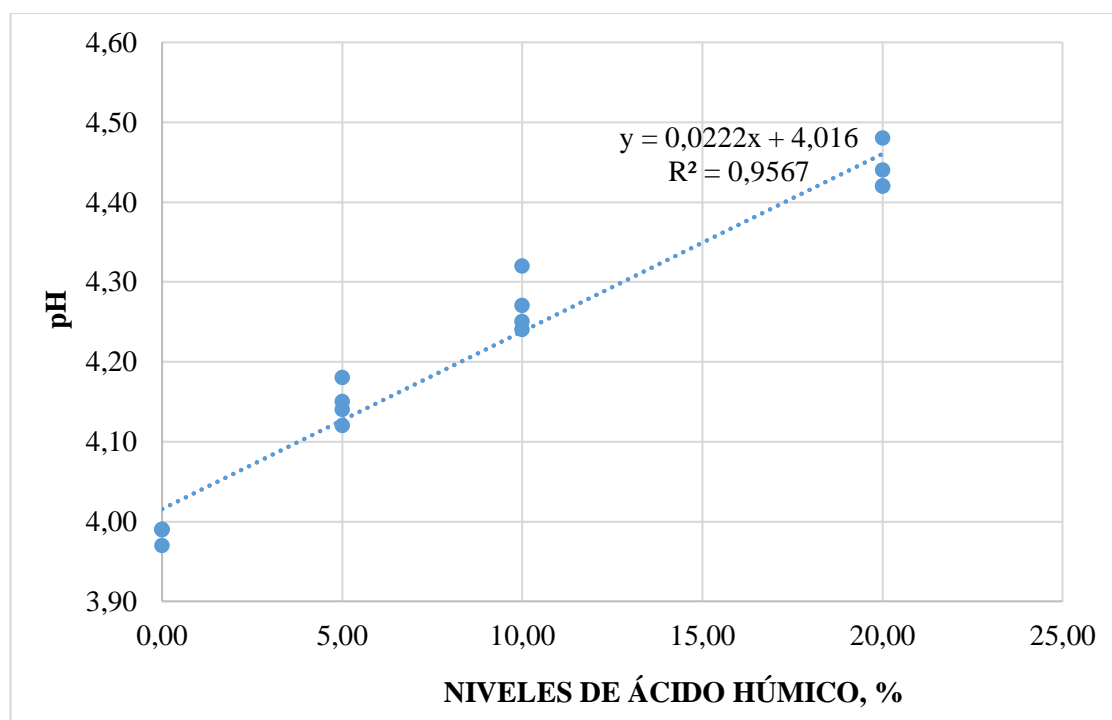


Gráfico 14-4: Regresión del pH de los cueros caprinos curtidos por efecto de la adición de diferentes niveles de ácido húmico en combinación con tara

Realizado por: Diego Barzallo, 2018.

4.2.4.3. Índice de referencia

El análisis del índice de referencia establece la diferencia entre el pH del extracto acuoso del cuero terminado y una segunda determinación, con lo que nos indica la existencia de ácidos inorgánicos y como estos afectan a la calidad final de los cueros, por lo que se evaluó el índice de referencia

en función a los diferentes niveles de ácido húmico adicionados en la curtición de las pieles caprinas, las cuales no reportaron diferencias estadísticas ($P>0.05$) entre medias.

Las mejores respuestas se reportaron cuando se adiciono a la curtición de pieles caprinas el 20% de ácido húmico (T3) cuyas medias fueron iguales a 0.80, las cuales disminuyeron hasta alcanzar medias iguales a 0.73 cuando se curtió con el 10% de ácido húmico (T2), a continuación se reportaron las medias cuando se curtió las pieles con el 5% de ácido húmico (T1) cuyas medias fueron iguales a 0.63 puntos y las respuestas más bajas se reportaron cuando no se adiciono ácido húmico en la curtición (T0) con respuestas iguales a 0.58 como se reporta en el gráfico 15-4.

Tabla 16-4: Evaluación del índice de referencia de los cueros caprinos curtidos por efecto de la adición de diferentes niveles de ácido húmico en combinación con Tara

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Fisher calculado	Prob	Sign
Total	15	0,284375	0,02			
Tratamiento	3	0,121875	0,04	3,00	7,0E-02	**
Error	12	0,1625	0,01			

Realizado por: Diego Barzallo, 2018.

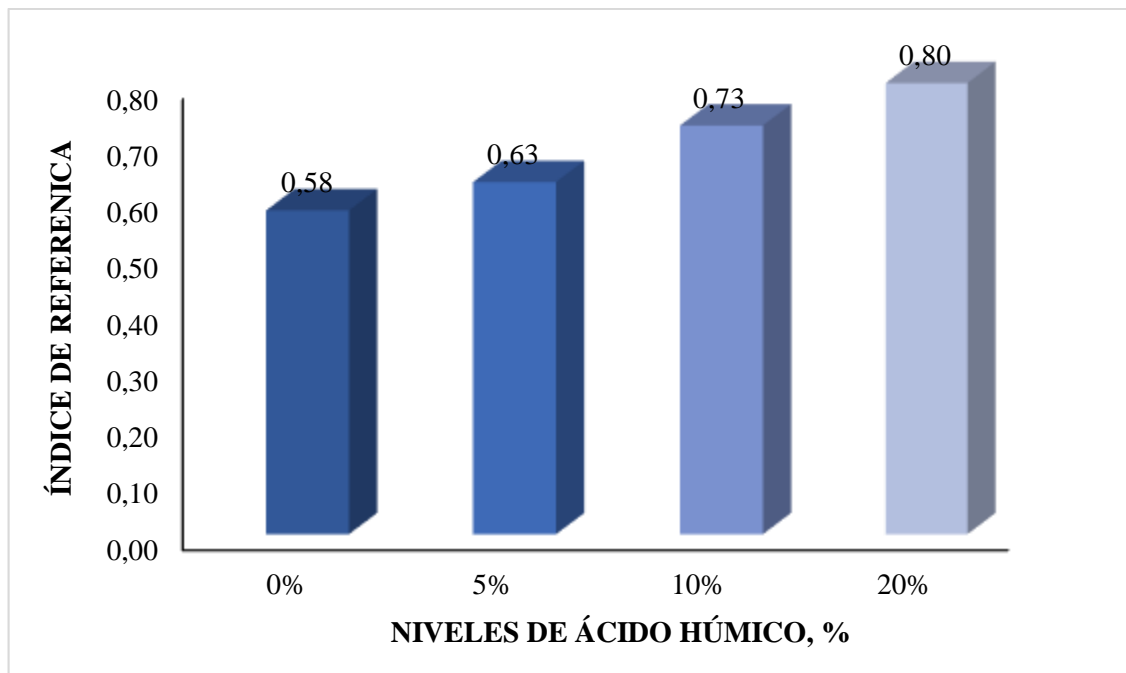


Gráfico 15-4: Índice de referencia de los cueros caprinos curtidos por efecto de la adición de diferentes niveles de ácido húmico en combinación con tara

Realizado por: Diego Barzallo, 2018.

4.2.5. Determinación de la calidad del agua residual

Para determinar en qué grado genero contaminación la curtiembre por efecto de la adición diferentes niveles de ácido húmico se evaluó la calidad del agua residual, para lo que se analizó la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), demanda química de oxígeno (DQO) y la cantidad de cromo hexavalente disuelto en el agua.

De esta forma, los valores obtenidos se observan en el Anexo I de la caracterización del agua residual, con estos datos se realizaron un tratamiento estadístico mediante la prueba de t-Student que se observa en la tabla 14-4, la cual permite comparar la calidad entre el agua residual curtida sin ácido húmico con la media resultante de las aguas residuales por efecto de la adición de diferentes niveles de ácido húmico.

Tabla 17-4.-Evaluación de la calidad del agua residual del proceso de curtiembre

Variable	Tratamiento Testigo	Tratamientos con ácido húmico	PROB (T<=t) dos colas	SIGN
DBO ₅	29440	31333,3	0,1516	ns
DQO	39040	52116,6	0,3539	ns
Cromo (VI)	0,01	0,036	0,057	ns

*PROB: Probabilidad

*SIGN: Significancia

*ns: Estadísticamente no son significativos

Realizado por: Diego Barzallo, 2018.

4.2.5.1. Demanda Bioquímica de Oxígeno

La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) permite determinar la cantidad necesaria de oxígeno para que degrade biológicamente la materia orgánica presente en el agua residual de curtiembre, es natural que al adicionar sustancias orgánicas como es el caso de la curtiembre con ácido húmico se aumente considerablemente, por lo que se establece este parámetro de calidad del agua para determinar en cuanto está incidiendo la curtiembre con ácidos húmicos en la calidad del agua residual.

La demanda bioquímica de oxígeno se muestra en la tabla 14-4, en donde para el tratamiento testigo se reporta medias iguales a 29440 mg/l y para los demás tratamientos se reportó medias iguales a 31333.3 mg/l con un valor de probabilidad para dos colas de 0.15 puesto que se comparan el tratamiento testigo(curtido únicamente con tara) con los demás tratamientos donde se demuestra que no existe diferencias estadísticas significativas ($P > 0.05$) en los datos estudiados,

de acuerdo a lo reportado se establece que existe un aumento insignificante en la prueba cuando se adiciona mayor cantidad de ácido húmico.

Tabla 18-4: Evaluación de la demanda bioquímica de oxígeno del agua residual obtenida después de un proceso de curtición con diferentes niveles de ácido húmico

Parámetro Estadístico	Tratamiento Testigo	Tratamientos con ácido húmico
Media	29440	31333,3
Varianza	-	523333,3
Observaciones	1	3
Grados de libertad	2	
Estadístico t	-2,26657	
P(T<=t) dos colas	0,1516	
Valor crítico de t (dos colas)	4,302653	

Realizado por: Diego Barzallo, 2018.

4.2.5.2. Demanda Química de Oxígeno

La demanda química de oxígeno permite establecer la cantidad de oxígeno requerido para degradar químicamente la materia orgánica presente en el agua residual debido a que existe sustancias orgánicas que no puede biodegradarse por bacterias aerobias o anaerobias, por lo que es muy importante determinar si está ocurriendo la curtición de ácidos húmicos en comparación a la curtición únicamente con tara.

En la tabla 15-4 se muestra los resultados obtenidos a la presente prueba, para el tratamiento testigo se reportaron medias iguales a 39040 mg/l y para los tratamientos en los que se adicionó ácido húmico reportaron valores iguales a 52116.6 mg/l, sin embargo, no hubo diferencias estadísticas significativas ($P > 0.05$) entre medias puesto que presenta un valor de probabilidad para dos colas de 0.35, a pesar de esto, se puede observar que al adicionar mayor cantidad de ácido húmico el valor de DQO aumentará.

Tabla 19-4: Evaluación de la demanda bioquímica de oxígeno del agua residual obtenida después de un proceso de curtición con diferentes niveles de ácido húmico

Parámetros Estadísticos	Tratamiento Testigo	Tratamiento con adición de ácido húmico
Media	39040	52116,6
Varianza	-	89485833,3
Observaciones	1	3
Grados de libertad	2	
Estadístico t	-1,19715544	
P(T<=t) dos colas	0,35389637	
Valor crítico de t (dos colas)	4,30265273	

Realizado por: Diego Barzallo, 2018.

4.2.5.3. Concentración de cromo hexavalente

Uno de los objetivos fundamentales de la investigación fue aplicar un producto curtiente que logré reemplazar al cromo para evitar la contaminación del agua debido a que el cromo presente en el agua residual puede oxidar a cromo VI, el cual es cancerígeno generando un impacto ambiental negativo y con ello mayores costos de producción tanto para evitar su oxidación como en el tratamiento de las aguas residuales de curtiembre.

En el análisis de los resultados obtenidos que se muestran en la tabla 16-4, se comparó la curtición únicamente con tara con una curtición aplicando ácidos húmicos de acuerdo con esto para el tratamiento testigo se reportaron medias iguales a 0.01 mg/l y los tratamientos con ácidos húmicos reportaron medias iguales a 0.036 mg/l, con esto se reportan que no existe diferencias estadísticas significativas ($P > 0.05^*$) entre medias, interpretándose así que no existe contaminación por efecto de cromo y que el cromo que esta disuelto se tiene por efecto de la contaminación de los bombos en los que se curtió.

Tabla 20-4: Evaluación de la concentración de cromo hexavalente disuelto en el agua residual obtenida después de un proceso de curtición con diferentes niveles de ácido húmico

Parámetros Estadísticos	Tratamiento Testigo	Tratamiento con adición de ácido húmico
Media	0,01	0,036
Varianza	-	3,3E-05
Observaciones	1	3
Grados de libertad	2	
Estadístico t	-4	
P(T<=t) dos colas	0,057190958	
Valor crítico de t (dos colas)	4,30265273	

Realizado por: Diego Barzallo, 2018.

4.3. Pruebas de hipótesis

Con la finalidad de responder las hipótesis propuestas en la presente investigación se llevó a cabo un tratamiento estadístico de los datos obtenidos en cada uno de los análisis efectuados al cuero caprino terminado y la comparación de estos valores con los establecidos en las normas referentes a cueros estableciendo de esta forma la calidad del cuero obtenido.

4.3.1. Hipótesis 1

- ✓ Los procesos de curtición de la presente investigación afectarán en las pruebas físico-mecánicas que determinan la calidad del producto terminado en relación a las normas IUP.

Mediante las pruebas físico-mecánicas realizadas a los cueros caprinos terminados teniendo como referencia las normas IUP (análisis para los ensayos físicos) se estableció que el proceso de curtición mixta de ácido húmico en combinación con tara afectan directamente en las pruebas físico-mecánicas tanto en su porcentaje de elongación como lastometría, sin embargo, en la resistencia a la tensión no se reportan diferencias significativas entre los resultados obtenidos siendo todos los valores superiores comparados con los valores mínimos establecidos en la norma IUP 6 (Resistencia a la tensión y Elongación) y IUP 9 (Lastometría). De esta forma se observa que al curtir con 10% de ácido húmico se reportan los mejores resultados tanto en su resistencia a la tensión (2973.80 N/cm²), porcentaje de elongación (62.50%) y lastometría (7.89 mm) como se observa en la tabla 2-4.

4.3.2. Hipótesis 2

- ✓ El uso de diferentes concentraciones de ácido húmico con tara incide en las calificaciones sensoriales del cuero terminado.

Una vez obtenido los datos de las pruebas sensoriales realizadas por el juez calificador que evaluó la llenura, blandura y soltura de flor de los cueros caprinos terminados mediante una calificación correspondiente a 5 excelente; 4 muy buena; 3 buena; 2 regular y 1 baja; se determinó que el uso de diferentes concentraciones de ácido húmico con tara incide en las calificaciones sensoriales de los cueros mostraron diferencias significativas entre los datos obtenidos de las pruebas realizadas sobre la calidad final del producto, reportándose valores excelentes de llenura de 5 puntos según la escala de Hidalgo (2018), al curtir con 20% de ácido húmico, mientras tanto, los mejores resultados en blandura (5 puntos) y soltura de flor (5 puntos) fueron al curtir únicamente con tara. Por otro lado, se observa que al curtir con ácido húmico los mejores valores de blandura (4 puntos) y soltura de flor (4.25 puntos) fueron al curtir con el 10% de ácido húmico, sin embargo, estos valores son menores en comparación a los datos obtenidos al curtir únicamente con tara influyendo en sus análisis sensoriales como se observa en la tabla 6-4.

4.3.3. Hipótesis 3

- ✓ El análisis químico del cuero obtenido establecerá la calidad del cuero según la comparación con las normas INEN.

Una vez realizadas los ensayos químicos al cuero resultante: porcentaje de humedad, pH e índice de referencia se realizó el tratamiento estadístico de los datos y se comparó con los valores estándares de las normas INEN dando resultados favorables con lo cual se establece que los análisis químicos realizados a los cueros establecen la calidad final del producto tanto en la acidez que presenta el cuero final para evitar problemas perjudiciales en el usuario una vez expendida como artículo terminado, como también en sus resistencias físico-mecánicas debido a que es directamente proporcional a sus análisis químicos. De esta forma, se reportan resultados superiores en cuanto a su porcentaje de humedad de 12.68% al curtir con 10% de ácido húmico mientras tanto que los valores mayores de pH de 4.44 e índice de referencia de 0.80 se obtuvo al curtir con 20% de ácido húmico, sin embargo, estos últimos valores tienden a aumentar por cada nivel de ácido húmico adicionado en la curtición. Los valores obtenidos de los análisis químicos se observan en la tabla 10-4.

4.4. Discusión de resultados

El objetivo principal del presente trabajo de investigación es desarrollar una formulación de curtición de piel caprina con diferentes concentraciones de ácido húmico y un porcentaje fijo de tara. Por lo tanto, los mejores resultados obtenidos tanto en el balance de masa como de las medias obtenidas en los tratamientos estadísticos establecerán el mejor tratamiento con lo cual se tendrá una técnica de curtición a base de ácidos húmicos con tara.

Los resultados obtenidos en el balance de masa de la curtición de los cueros caprinos con ácido húmico reportaron resultados favorables, afirmando que el ácido húmico utilizado como curtiente en la presente investigación reaccionó con los grupos reactivos del colágeno estabilizando la piel y obteniéndose de esta forma cuero terminado. Los mejores resultados se obtuvieron al curtir con 5% de ácido húmico con un porcentaje de fijación de 81.63%, sin embargo, al utilizar mayor cantidad de ácido húmico habrá una mayor cantidad de este curtiente para que reaccione con el colágeno y por lo tanto se obtendrá una mejor calidad en el cuero terminando obteniendo un porcentaje de fijación de 62.08% al curtir con 10% de ácido húmico; esto se corrobora obteniendo los resultados de los diferentes análisis realizados al cuero terminado. Es importante destacar que al curtir con el 20% de ácido húmico, se observó una excesiva cantidad de ácido húmico en la

parte superficial de las pieles curtidas y esto se debe primordialmente al impedimento estérico que presenta la piel teniendo una mayor afinidad y fijación con productos curtientes que su fórmula química sea menos compleja en comparación al ácido húmico que es más difícil que penetre la piel por su complejidad en su molécula.

En los análisis físicos-mecánicos realizados a los cueros terminados los mejores resultados se obtuvieron en el tratamiento T2 (10% de ácido húmico y 15% de tara) donde sus resultados fueron mayores en sus tres ensayos físicos: resistencia a la tensión (2973.80 N/cm²), porcentaje de elongación (62.50%) y lastometría (7.89 mm) en comparación al tratamiento T0(15% de tara) donde se obtuvo valores de resistencia a la tensión (2219.12 N/cm²), porcentaje de elongación (49.38 %) y lastometría (7.35 mm), sin embargo, todos los valores obtenidos en los ensayos físicos mecánicos cumplen con los valores estándares establecidos en las normas IUP, por lo tanto los cueros obtenidos en la presente investigación presentan una buena durabilidad en relación a la fatiga a la cuál es sometido el material mediante esfuerzos mecánicos asegurando de esta forma que los artículos de marroquinería fabricados a partir de estos cueros sean de buena calidad y durabilidad a las condiciones ambientales (temperatura , humedad relativa) a las cuales están expuestas en el exterior lo que provoca un rápido deterioro y envejecimiento de los artículos finales.

En cuanto a los análisis sensoriales los valores obtenidos en cada uno de los tratamientos propuestos en la presente investigación difieren en cada prueba: llenura, soltura de flor y blandura; los mejores resultados en llenura se obtuvieron en el tratamiento T3(20 % de ácido húmico y 15% de tara) con un valor de 5 puntos que corresponde a excelente según la escala de Hidalgo (2004) , en comparación al tratamiento T0(15% de tara) que obtuvo un valor de 3 puntos que corresponde a bueno , esto se debe a que a mayor cantidad de ácido húmico que se adicione en la curtición mayor será el valor de llenura que presente el cuero, sin embargo, sus valores de soltura de flor y blandura disminuyen debido a que puede existir una sobrecurtición presentando dureza y soltura de flor que significa que existen la presencia de arrugas y pliegues en la parte de la flor del cuero lo que desmejoran la belleza visual del cuero en la fabricación de artículos de marroquinería siendo un problema que se debe evitar , por ello el curtidor debe utilizar menores cantidades de ácido húmico lo que mejora la calidad sensorial en blandura y soltura de flor obteniendo una piel compacta y sin arrugas para la fabricación de artículos de marroquinería de buena calidad. Por lo tanto, los mejores resultados en sus tres análisis sensoriales se obtuvieron al aplicar menos cantidad de ácido húmico en combinación con tara con el tratamiento T2(10% de ácido húmico y 15 % de tara) obteniendo en sus medias respectivas valores de llenura de 4.25 puntos; soltura de flor de 4.25 puntos y blandura de 4 puntos, que corresponden a valores muy buenos , determinando de esta forma el tratamiento de mejor calidad de cuero terminado tanto en

sus análisis físicos como sensoriales. para su utilización en la fabricación de artículos finales de marroquinería.

Por otro lado, los datos obtenidos de los análisis químicos efectuados al cuero resultante de la curtición con ácido húmico más tara; los datos de porcentaje de humedad no son estadísticamente significativos ($P > 0.05$), por lo tanto, la humedad no depende de la curtición de ácido húmico más tara sino más bien de otros factores como la humedad relativa, el tipo de secado y el rango de temperatura que se utilizó para determinar el porcentaje de humedad ; en cuanto a los resultados obtenidos del valor de pH sus datos son estadísticamente significativos ($P < 0.05$) por lo cual a mayor cantidad de ácido húmico que se adicione en la curtición vegetal con tara mayor será su valor de pH esto se debe principalmente a la naturaleza del ácido húmico que es alcalino, es importante este análisis puesto que la fabricación de artículos de cuero que presente una acidez mayor ocasionará picazón al estar en contacto con la piel del usuario.; y por último los datos obtenidos en el índice de referencia que resulta de la diferencia de una segunda medición del pH con la primera medición efectuada que determina la presencia de ácidos orgánicos o inorgánicos, los datos resultantes estadísticamente no son significativos ($P > 0.05$) con lo cual se establece que el índice de referencia no depende de las diferentes concentraciones de ácido húmico que se adicione en la curtición sino de la composición química de los agentes curtientes utilizadas en el proceso de curtición , estos resultados fueron valores por debajo de 1 , lo cual determina que el cuero resultante no posee ácidos inorgánicos perjudiciales tales como ácido sulfúrico, ácido clorhídrico sino sustancias orgánicas que se esperaba obtener debido a que se trata de una curtición vegetal . Los mejores resultados en cuanto a pruebas físico-mecánicas y sensoriales fueron el tratamiento T2 (10% de ácido húmico con 15% de tara) por lo tanto se muestra las medias resultantes del análisis químico con este tratamiento: porcentaje de humedad de 12.68%, pH de 4.27 e índice de referencia de 0.73 que son valores superiores en comparación al tratamiento T0(15% de tara) que se obtuvo valores de porcentaje de humedad de 12.53%, pH de 3.99 e índice de referencia de 0.58. En comparación con la norma los valores resultantes cumple con los estándares de calidad establecidos en las normas INEN para los análisis químicos del cuero.

Finalmente, los análisis efectuados a las aguas residuales del proceso de curtición con diferentes niveles de ácido húmico en comparación al agua residual curtida únicamente con tara reportan resultados superiores por cada nivel de ácido húmico adicionado en el proceso, sin embargo, es importante analizar que los valores obtenidos a pesar que son altos tanto de DBO como DQO solamente contiene materia orgánica no perjudicial para el medio ambiente por lo tanto realizando un tratamiento de separación de sólidos del agua residual seguido de una coagulación y decantación se obtienen lodos que pueden ser utilizados como compostaje para aumentar su valor

nutritivo en las plantas o por otro lado utilizarlo de manera directa como fertilizante ya que contiene ácido húmico que ayuda al crecimiento de la planta sin brindar efectos adversos. En cuanto a los valores obtenidos de cromo se reportan valores inferiores por debajo del libro VI Anexo I (Norma de calidad ambiental y descarga de efluentes: recurso agua) que debe ser menor a 0.05 mg/l por lo tanto estos valores obtenidos reportan que no se curtió con cromo y que los valores obtenidos se deben principalmente a la contaminación de los bombos que reportan trazas de cromo disuelto. De esta manera se determina que el proceso de tratamiento de estas aguas residuales es menos complejo a comparación al tratamiento del agua residual curtida con cromo puesto que deben separar este agente para evitar su oxidación a cromo VI el cual es perjudicial para el medio ambiente.

CAPITULO V

5. IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

5.1. Propuesta para la solución del problema

Los resultados obtenidos en la presente investigación son favorables debido a que cumplen con los estándares de calidad establecidas en las normas para la fabricación de artículos de marroquinería obteniéndose así una formulación para la curtición con ácido húmico más tara, sin embargo, estos resultados pueden ser superiores al curtir con porcentajes de ácido húmico en el rango del 10 al 15%, por lo que quedaría en consideración de la empresa la implementación aplicando esta formulación obtenida o la realización de una investigación siguiente con la finalidad de obtener valores superiores tanto en sus análisis físico-mecánicos como sensoriales que determinan la calidad final del cuero caprino.

El diagrama de flujo para el procesamiento de cuero terminado a partir de piel caprina con diferentes concentraciones de ácido húmico y un porcentaje fijo de tara se describe en el Anexo K.

5.2. Costos de la implementación de la propuesta

Para la curtición de piel caprina de ácido húmico más tara no se requiere de una inversión costosa debido a que la empresa cuenta con los equipos requeridos y materiales utilizados para llevar a cabo cada uno de los procesos a realizar para la obtención de cuero terminado a partir de piel caprina. Además, no necesita operadores adicionales debido a que existen en la planta curtidores con gran experiencia que podrían realizar con la formulación obtenida en la presente investigación el proceso de curtición en la empresa. La curtiembre el “AL-CE” debe invertir únicamente en la compra mensual de los productos químicos utilizados en la curtición con cromo y en la compra de ácido húmico y tara para llevar a cabo el proceso de curtición.

Sin embargo, la empresa el “AL-CE” se reserva a difundir la información financiera de los costos de inversión de los insumos ya que es un proyecto de investigación importante para la curtiembre y es el primer paso a realizar para investigaciones posteriores para la obtención de cueros terminados a base de ácido húmico, por lo tanto, una vez que se implemente el proceso en la curtiembre los costos serán manejados exclusivamente por la empresa.

CONCLUSIONES

- Se desarrolló una formulación de curtición de piel caprina con diferentes concentraciones de ácido húmico y un porcentaje fijo de tara en la empresa el AL-CE cumpliendo todos los cueros caprinos terminados con los parámetros de calidad tanto en sus ensayos físico-mecánicos, sensoriales y químicos.
- Los mejores resultados de la caracterización de las pruebas físico-mecánicas efectuados a los cueros caprinos resultantes se obtuvo al curtir con 10% de ácido húmico en combinación con 15% de tara reportando resultados superiores que los otros tratamientos en su resistencia a la tensión (2973.80 N/cm²), porcentaje de elongación (62.50%) y lastimetría (7.89 mm).
- Se evaluó la calidad de los cueros terminados mediante las pruebas sensoriales dando resultados excelentes de llenura al curtir con 20% de ácido húmico y 15% de tara con una ponderación de 5 puntos de acuerdo a la escala del juez calificador que corresponde que sus espacios interfibrilares se encuentran llenos producto de la curtición, mientras tanto, los mejores valores de blandura y soltura de flor se observa al curtir únicamente con el 15% de tara con una ponderación de 5 puntos.
- Se efectuó los análisis químicos al cuero resultante de la curtición de ácido húmico con tara reportando resultados superiores en cuanto a su porcentaje de humedad de 12.68% al curtir con 10% de ácido húmico mientras tanto que los valores mayores de pH de 4.44 e índice de referencia de 0.80 se obtuvo al curtir con 20% de ácido húmico, sin embargo, estos últimos valores tienden a aumentar por cada nivel de ácido húmico adicionado en la curtición.
- La curtición con 10% de ácido húmico en combinación con el 15 % de tara, es la opción más favorable para curtir las pieles de cabra puesto que presentan valores superiores que los otros tratamientos en sus ensayos físico-mecánicos, en sus análisis sensoriales se observa valores muy buenos de llenura de 4.25 puntos; soltura de flor de 4.25 puntos y blandura de 4.00 puntos, mientras tanto en sus análisis químicos presenta valores muy buenos en su porcentaje de humedad 12.68% , pH de 4.27 e índice de referencia de 0.73 ideales para la fabricación de artículo de cuero de marroquinería.

RECOMENDACIONES

- Para obtener mejores resultados que en la presente investigación tanto en los análisis físicos como sensoriales del cuero caprino terminado se recomienda realizar un proceso de curtición utilizando del 10 al 15% de ácido húmico variando el porcentaje de tara para determinar cuál combinación resulta la más adecuada.
- Es muy importante realizar el descarnado de las pieles caprinas mediante la descarnadora para eliminar las grasas adheridas a la piel que interfieren en el proceso de curtición vegetal.
- Se recomienda aplicar una cantidad mayor de productos engrasantes que lo aplicado en la presente investigación con la finalidad de mejorar la blandura del cuero final.
- La presente investigación será el punto de partida para la obtención de cueros terminados a base de ácido húmico por lo que se recomienda realizar el análisis en otros tipos de pieles que permitan comparar con los resultados obtenidos en esta investigación.

BIBLIOGRAFIA

Alessandrello, Mauricio. Biotransformación de Cr(VI) mediada por las bacterias y su aplicación en sistema de tratamiento de aguas residuales industriales [En línea](tesis). (Doctoral) Universidad Nacional de Sarmiento, Buenos Aires-Argentina. 2015. pp. 14-17. [Consulta: 2018-06-17]. Disponible en:

http://www.ungs.edu.ar/ms_ungs/wpcontent/uploads/2015/05/Tesis_Alessandrello.pdf

Arias, F.A. *Química Orgánica*. [en línea]. San José-Costa Rica: Universidad Estatal a Distancia, 2006, p.313. [Consulta: 07 de junio 2018]. Disponible en:

<https://books.google.com.ec/books?id=TL98uAXZ3JQC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>

Barretto, S. *Diseño de calzado urbano*. Buenos Aires-Argentina: Nobuko, 2006, pp.72-80. [Consulta: 16 de junio 2018]. Disponible en:

https://books.google.com.ec/books?id=ykG1RY3NeEkC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

Castells, X.E. *Tipología de los residuos en orden a su reciclaje*. Madrid-España: Díaz de Santos, 2012, p.194. [Consulta: 16 de junio 2018]. Disponible en:

https://books.google.com.ec/books?id=TKMuDwJXxxQC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

Corredor, J. “El residuo líquido de las curtiembres estudio de caso: cuenca alta río Bogotá”. *Ciencia e Ingeniería Neogranadino* [en línea], 2006, (Colombia) 16(2), pp. 17-24. [Consulta: 16 de junio 2018]. ISSN 0124-8170. Disponible en:

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=91116203>

Doménech, Xavier; & Peral, José. *Química ambiental de sistemas terrestres*. Barcelona-España: Reverté, 2006, pp.10-11. [Consulta: 19 de junio 2018]. Disponible en:

https://books.google.com.ec/books?id=S4bjFOEXRzMC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

De La Cruz Lapa, P. “Aprovechamiento integral y racional de la tara *Caesalpinia spinosa* - *Caesalpinia tinctoria*”. *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería*

Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica [en línea], 2012, (Perú) 7(14), pp. 64-73. [Consulta: 16 de junio 2018]. ISSN 1682-3087. Disponible en:
<http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/733>

Font, J. Análisis y ensayos en la industria del curtido . Cataluña-España: CETI,2002 pp.31-32.

Fossum, T.W. *Cirugía en pequeños animales*. 3ª Ed. Madrid-España: Elsevier Mosby,2009, p.159. [Consulta: 10 de junio 2018]. Disponible en:
https://books.google.com.ec/books?id=Pvb_f2uGMygC&printsec=frontcover&hl=es&source=gb_s_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

González, Berania. Efecto del tratamiento de estirado en el Pretant y otras propiedades físicas de la piel. [En línea]. (Maestría) Universidad Politécnica de Cataluña, Cataluña, España.2004. pp. 55-56. [Consulta: 2018-06-15]. Disponible en:
file:///C:/Users/SYSTEMarketPC/Downloads/582_2005_ESIT_MAESTRIA_berania_gonzalez.pdf

Gutiérrez, José; et al. “Mecanismos de interacción con cromo y aplicaciones biotecnológicas en hongos”. *Revista latinoamericana de Biotecnología Ambiental* [en línea], 2010, (México) 1(1), pp. 48-49. [Consulta: 17 de junio 2018]. Disponible en:
https://www.researchgate.net/profile/Francisco_Fernandez22/publication/268576943_Mecanismos_de_interaccion_con_cromo_y_aplicaciones_biotecnologicas_en_hongos/links/5470e9950cf2d67fc034495b.pdf

Hidalgo, L. *Tecnología del cuero*. Riobamba-Ecuador: ESPOCH,1999, p.4.

Kass.D.C. *Fertilidad de Suelos*. San José-Costa Rica: EUNED,1996, p.98. [Consulta: 19de junio 2018]. Disponible en:
https://books.google.com.ec/books?id=sRua411JhvgC&printsec=frontcover&hl=es&source=gb_s_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

Lacerca, A.M. *Curtición de cueros y pieles*. Buenos Aires-Argentina: ALBATROS,1993, p.59.

Luna, F.J. *Materiales y servicios en reparación de calzado y marroquinería*. TCPC0109. Antequera-España: IC Editorial, 2014.pp 10-55 [Consulta: 15 de junio 2018]. Disponible en:
https://books.google.com.ec/books?id=B5XwAgAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gb_s_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

Martínez Moya, Tomás Francisco. Incremento de la disponibilidad intestinal de proteína y almidón mediante su manipulación de su degradabilidad en el rumen [En línea]. (Doctorado) Universidad de Almería, España.2001. pp.65-67. [Consulta: 2018-06-21]. Disponible en: https://books.google.com.ec/books?id=DdnXCwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

Medina, Milton.; POZO, Pablo.P. “Determinación de cromo hexavalente en descarga de aguas residuales de una curtiembre, ubicada en el sector de Izamba, Ambato en la provincia de Tungurahua, mediante espectrofotometría de absorción atómica”. *infoANALITICA* [en línea], 2016, (Ecuador) 1(1), pp. 86-94. ISSN 2602-8344. [Consulta: 17 de junio 2018]. Disponible en: <http://infoanalitica-puce.edu.ec/index.php/infoanalitica/article/view/44>

Morera, J.M. *Química técnica de curtición*. Cataluña-España: Consorci Escola Tècnica d'Igualada,2000, pp.7-21.

Morocho Yascaribay, Mario Vinicio. Tratamiento de aguas residuales de una curtiembre en el cantón Cuenca mediante la aplicación dosificada de emas (microorganismos eficientes autóctonos). [En línea]. (Maestría) Universidad de Cuenca, Ecuador.2017. p.27. [Consulta: 2018-06-17]. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/26955/1/Tesis.pdf.pdf>

Narváez, Alexandra; et al. “Las poblaciones naturales de la tara (*Caesalpinia spinosa*) en el Ecuador: una aproximación al conocimiento de la diversidad genética y el contenido de taninos por medio de estudios moleculares y bioquímicos”. *Programa Regional ECOBONA-INTERCOOPERATION* [en línea], 2010, (Ecuador) 1(1), pp. 7-11. ISSN 978-9942-. [Consulta: 22 de junio 2018]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/309566304>

Ollé, L. *Técnicas Especiales del Curtidos*. Cataluña-España: CETI,2002 pp.215-222.

Salguero, A.V. *Técnicas básicas de guarnicionería*. TCPF110.Antequera-España: IC Editorial,2018. p.35. [Consulta: 10 de junio 2018]. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=qKxJDwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>

Soler.J. *Procesos de curtidos*. Barcelona-España: Consorci Escola Tècnica d'Igualada,2000, pp.23-29.

Rojas Amaya, Franklin. Estudio Económico-Financiero del aprovechamiento de las grasas extraídas del residuo del descarte “unche” derivado del proceso de curtiembre en el municipio de Villapinzon-Cundinamarca. [En línea](tesis). (Maestría) Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía, Bogotá-Colombia. 2010.pp. 30-38 [consulta: 2018-06-17]. Disponible en:

<http://www.bdigital.unal.edu.co/3052/1/790655.2010.pdf>

ANEXOS

ANEXO A: Formulación del proceso de curtición de piel caprina con 0 % de ácido húmico y 15% de tara.

Cueros EL ALCE

CURTIEMBRE – ARTICULOS DE CUERO

21 de mayo del 2018

Prueba: 0 % de ácido húmico y 15/% de tara

Fecha

Página

7.0 Kg

4 pieles

Marroquinería - cartera

1.0 mm.

Peso

Unidades

Tipo de cuero

Espesor

PROCESO	% Peso	CANTIDAD Kg	PRODUCTOS OBSERVACIONES	°C	DURACION	pH
Remojo	300	21.0	Agua de cisterna	ambiente	12 horas	
	0.5	0.035	Tenso activos			
Ecurrir						
Pelambre por embadurnado	5	0.35	Agua	40 °C	12 horas	
	1	0.07	Cal			
	1.5	0.105	Sulfuro de sodio			
Sacar lana- Pesar	-	6.7				
Pelambre en bombo	100	6.7	Agua	ambiente		
	1	0.067	Sulfuro de sodio			
	3	0.201	Cal			
Reposo			Girar 10 minutos y descansar 3-4 horas		20 horas	
Descargar						11.0
Descarnar						
Continúa con el desencalado						

Continuar pág. siguiente

Continuación

PROCESO	% Peso	Cantidad kg	PRODUCTOS OBSERVACIONES	°C	DURACION	pH
Pesar cuero	-	9.6				
Desencalado	150	14.4	Agua de la cisterna	30		
	2.0	0.192	Sulfato de amonio - directo		60 min	
	0.5	0.048	Bisulfito de sodio - directo		30 min	
Rendido	0.5	0.048	Rendido - directo		90 min	
			Prueba de fenolftaleína - dar transparente			8.1
Ecurrir y lavar 2 veces	150	14.4	Agua suficiente	25	20 min por lavado	
Piquelado	60	5.76	Agua cisterna	ambiente		
	7	0.672	Sal común		10 min	
	1.0	0.096	Ácido fórmico - dilución 1/10		90 min	
Descargar						
Desengrase	100	9.6	Agua	30°C		
	2	0.192	Detergente			
	3	0.288	Diesel		60 min	
			Botar baño			
	100	9.6	Agua	35°C		
	1	0.096	Detergente		40 min	
			Botar baño			
	200	19.2	Agua	ambiente	20 min	
			Botar baño			
Curtición	60	5.76	Agua cisterna	ambiente	3 horas	
	7	0.672	Sal común - directo comprobar 8°Be ¹		15 min	
	1.0	0.096	Ácido fórmico - dilución 1/10		30 min	
	0.4	0.038	Ácido fórmico - dilución 1/10		30 min	
	5	0.48	Tara		60 min	
	5	0.48	Tara		60 min	
	5	0.48	Tara		60 min	
			Comparar el pH (5.0 - 5.5) y atravesado			3.8
Ecurrir y Lavar						
Perchar					48 horas	
Ecurrir						
Raspar o rebajar			En 1.0 mm de espesor			

Realizado por: Barzallo, Diego, 2018

ANEXO B: Formulación del proceso de curtición de piel caprina con 5% de ácido húmico y 15% de tara.

Cueros EL ALCE

CURTIEMBRE – ARTICULOS DE CUERO

28 de mayo del 2018

Prueba: 5 % de ácido húmico y 15/% de tara

Fecha	Página
7.3 Kg	Marroquinería - cartera
4 pieles	1.0 mm.

Peso	Unidades	Tipo de cuero	Espesor
-------------	-----------------	----------------------	----------------

PROCESO	% Peso	CANTIDAD Kg	PRODUCTOS OBSERVACIONES	°C	DURACION	pH
Remojo	300	21.9	Agua de cisterna	ambiente	12 horas	
	0.5	0.037	Tenso activos			
Escurrir						
Pelambre por embadurnado	5	0.365	Agua	40 °C	12 horas	
	1	0.073	Cal			
	1.5	0.11	Sulfuro de sodio			
Sacar lana- Pesar	-	6.8				
Pelambre en bombo	100	6.8	Agua	ambiente		
	1	0.068	Sulfuro de sodio			
	3	0.204	Cal			
Reposo			Girar 10 minutos y descansar 3-4 horas		20 horas	
Descargar						11.5
Descarnar						
Continúa con el desencalado						

Continuar pág. siguiente

Continuación

PROCESO	% Peso	Cantidad kg	PRODUCTOS OBSERVACIONES	°C	DURACION	pH
Pesar cuero	-	9.8				
Desencalado	150	14.7	Agua de la cisterna	30		
	2.0	0.196	Sulfato de amonio - directo		60 min	
	0.5	0.049	Bisulfito de sodio - directo		30 min	
Rendido	0.5	0.049	Rendido - directo		90 min	
			Prueba de fenolftaleína - dar trasparente			8.0
Ecurrir y lavar 2 veces	150	14.7	Agua suficiente	25	20 min por lavado	
Piquelado	60	5.88	Agua cisterna	ambiente		
	7	0.686	Sal común		10 min	
	1.0	0.098	Ácido fórmico - dilución 1/10		90 min	
Descargar						
Desengrase	100	9.8	Agua	30°C		
	2	0.196	Detergente			
	3	0.294	Diesel		60 min	
			Botar baño			
	100	9.8	Agua	35°C		
	1	0.098	Detergente		40 min	
			Botar baño			
	200	19.6	Agua	ambiente	20 min	
			Botar baño			5.9
Curtición	5 (solución 25g/litro)	0.49	Ácido húmico		3 horas	
	7	0.686	Sal común - directo comprobar 8°Be ¹		15 min	
	1.0	0.098	Ácido fórmico - dilución 1/10		30 min	
	0.4	0.039	Ácido fórmico - dilución 1/10		30 min	
	5	0.49	Tara		60 min	
	5	0.49	Tara		60 min	
	5	0.49	Tara		60 min	
			Comparar el pH (5.0 - 5.5) y atravesado			4.3
Ecurrir y Lavar						
Perchar					48 horas	
Ecurrir						
Raspar o rebajar			En 1.0 mm de espesor			

Realizado por: Barzallo, Diego, 2018

ANEXO C: Formulación del proceso de curtición de piel caprina con 10% de ácido húmico y 15% de tara.

Cueros EL ALCE

CURTIEMBRE – ARTICULOS DE CUERO

4 de junio del 2018

Prueba: 10 % de ácido húmico y 15/% de tara

Fecha		Página	
7.9 Kg	4 pieles	Marroquinería - cartera	1.0 mm.

Peso	Unidades	Tipo de cuero	Espesor
-------------	-----------------	----------------------	----------------

PROCESO	% Peso	CANTIDAD Kg	PRODUCTOS OBSERVACIONES	°C	DURACION	pH
Remojo	300	23.7	Agua de cisterna	ambiente	12 horas	
	0.5	0.0395	Tenso activos			
Escurrir						
Pelambre por embadurnado	5	0.395	Agua	40 °C	12 horas	
	1	0.079	Cal			
	1.5	0.12	Sulfuro de sodio			
Sacar lana- Pesar	-	7.6				
Pelambre en bombo	100	7.6	Agua	ambiente		
	1	0.076	Sulfuro de sodio			
	3	0.23	Cal			
Reposo			Girar 10 minutos y descansar 3-4 horas		20 horas	
Descargar						10.5
Descarnar						
Continúa con el desencalado						

Continuar pág. siguiente

Continuación

PROCESO	% Peso	Cantidad Kg	PRODUCTOS OBSERVACIONES	°C	DURACION	pH
Pesar cuero	-	9.6				
Desencalado	150	14.4	Agua de la cisterna	30		
	2.0	0.192	Sulfato de amonio - directo		60 min	
	0.5	0.048	Bisulfito de sodio - directo		30 min	
Rendido	0.5	0.048	Rendido - directo		90 min	
			Prueba de fenolftaleína - dar trasparente			8.2
Ecurrir y lavar 2 veces	150	14.4	Agua suficiente	25	20 min por lavado	
Piquelado	60	5.76	Agua cisterna	ambiente		
	7	0.672	Sal común		10 min	
	1.0	0.096	Ácido fórmico - dilución 1/10		90 min	
Descargar						
Desengrase	100	9.6	Agua	30°C		
	2	0.192	Detergente			
	3	0.288	Diesel		60 min	
			Botar baño			
	100	9.6	Agua	35°C		
	1	0.096	Detergente		40 min	
			Botar baño			
	200	19.2	Agua	ambiente	20 min	
			Botar baño			6.1
Curtición	10 (diluido 25g/litro)	0.96	Ácido húmico		3 horas	
	7	0.672	Sal común - directo comprobar 8°Be ¹		15 min	
	1.0	0.096	Ácido fórmico - dilución 1/10		30 min	
	0.4	0.038	Ácido fórmico - dilución 1/10		30 min	
	5	0.48	Tara		60 min	
	5	0.48	Tara		60 min	
	5	0.48	Tara		60 min	
			Comparar el pH (5.0 - 5.5) y atravesado			5.1
Ecurrir y Lavar						
Perchar					48 horas	
Ecurrir						
Raspar o rebajar			En 1.0 mm de espesor			

Realizado por: Barzallo, Diego, 2018

ANEXO D: Formulación del proceso de curtición de piel caprina con 20 % de ácido húmico y 15% de tara.

Cueros EL ALCE

CURTIEMBRE – ARTICULOS DE CUERO

11 de junio del 2018

Prueba: 20 % de ácido húmico y 15/% de tara

Fecha	Página
6.1 Kg	Marroquinería - cartera
4 pieles	1.0 mm.

Peso	Unidades	Tipo de cuero	Espesor
-------------	-----------------	----------------------	----------------

PROCESO	% Peso	CANTIDAD Kg	PRODUCTOS OBSERVACIONES	°C	DURACION	pH
Remojo	300	18.3	Agua de cisterna	ambiente	12 horas	
	0.5	0.031	Tenso activos			
Ecurrir						
Pelambre por embadurnado	5	0.305	Agua	40 °C	12 horas	
	1	0.061	Cal			
	1.5	0.092	Sulfuro de sodio			
Sacar lana- Pesar	-	5.5				
Pelambre en bombo	100	5.5	Agua	ambiente		
	1	0.055	Sulfuro de sodio			
	3	0.17	Cal			
Reposo			Girar 10 minutos y descansar 3-4 horas		20 horas	
Descargar						10.8
Descarnar						
Continúa con el desencalado						

Continuar pág. Siguiente

Continuación

PROCESO	% Peso	Cantidad Kg	PRODUCTOS OBSERVACIONES	°C	DURACION	pH
Pesar cuero	-	7.8				
Desencalado	150	11.7	Agua de la cisterna	30		
	2.0	0.156	Sulfato de amonio - directo		60 min	
	0.5	0.039	Bisulfito de sodio - directo		30 min	
Rendido	0.5	0.039	Rendido - directo		90 min	
			Prueba de fenolftaleína - dar trasparente			8.3
Ecurrir y lavar 2 veces	150	11.7	Agua suficiente	25	20 min por lavado	
Piquelado	60	4.68	Agua cisterna	ambiente		
	7	0.546	Sal común		10 min	
	1.0	0.078	Ácido fórmico - dilución 1/10		90 min	
Descargar						
Desengrase	100	7.8	Agua	30°C		
	2	0.156	Detergente			
	3	0.234	Diesel		60 min	
			Botar baño			
	100	7.8	Agua	35°C		
	1	0.078	Detergente		40 min	
			Botar baño			
	200	15.6	Agua	ambiente	20 min	
			Botar baño			6.1
Curtición	20 (diluido 25g/litro)	1.56	Ácido húmico		3 horas	
	7	0.546	Sal común - directo comprobar 8°Be ¹		15 min	
	1.0	0.078	Ácido fórmico - dilución 1/10		30 min	
	0.4	0.031	Ácido fórmico - dilución 1/10		30 min	
	5	0.39	Tara		60 min	
	5	0.39	Tara		60 min	
	5	0.39	Tara		60 min	
			Comparar el pH (5.0 - 5.5) y atravesado			5.4
Ecurrir y Lavar						
Perchar					48 horas	
Ecurrir						
Raspar o rebajar			En 1.0 mm de espesor			

Realizado por: Barzallo, Diego, 2018

ANEXO E: Formulación del proceso de acabado de los cueros curtidos con los diferentes tratamientos.

Cueros EL ALCE

CURTIEMBRE – ARTICULOS DE CUERO

18 de junio del 2018

Acabo en húmedo

Fecha **Página**
 15 Kg 16 pieles Marroquinería - cartera 1.0 mm.

Peso **Unidades** **Tipo de cuero** **Espesor**

PROCESO	% Peso	CANTIDAD Kg	PRODUCTOS OBSERVACIONES	°C	DURACION	pH
	200	30	Agua de cisterna	ambiente		
	0.2	0.03	Tenso activo			
	0.2	0.03	Ácido Fórmico		15 min	
Ecurrir y Lavar						
Recurtición	200	30	Agua de cisterna	ambiente		
	2	0.3	Ácido húmico		30 min	
	2	0.3	Rellenante de faldas		30 min	
	3	0.45	Tara		60 min	
Ecurrir						
	200	30	Agua	ambiente		
	1	0.15	Formiato de sodio		30 min	
	1	0.15	Bicarbonato de amonio		60 min	
Ecurrir						
Tintura	100	15	Agua	40°C		
	2	0.3	Rellenante de faldas		30 min	
	2	0.3	Anilina negra penetración		30 min	

Continuar pág. siguiente

Continuación

PROCESO	% Peso	Cantidad kg	PRODUCTOS OBSERVACIONES	°C	DURACION	pH
Engrase	100	15	Agua	40°C		
	2	0.3	Dispersante		30 min	
	6	0.9	SYNTHOL FL 327			
	6	0.9	SYNTHOL YY 707		90 min	
	1	0.15	Anilina de atravesado negro		30 min	
	1	0.15	Mimosa			
	1	0.15	Castaño		60 min	
	1	0.15	Ácido fórmico		30 min	
	1	0.15	Ácido fórmico		30 min	4.1
Ecurrir y lavar						
Perchar						

Realizado por: Barzallo, Diego, 2018

ANEXO F: Análisis físico-mecánico de los cueros caprinos terminados



HOJA DE CONTROL DE CALIDAD DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS

FECHA: 13/07/2018

PROCEDENCIA: Diego Barzallo

CÓDIGO: 018-045

AREA DE RASTREO: Producto Terminado

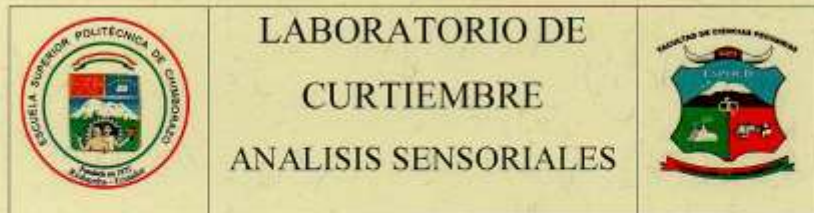
Nº	Detalle	Resistencia a la tensión o tracción Mínimo 1500 N/cm ² Método IUP 6	% de Elongación Mínimo 40% Método IUP 6	Lastometría Mínimo 7 mm Método IUP 9
1	T ₀	1595.71	50.00	7.11
2	T ₀	1641.25	42.50	7.55
3	T ₀	2927.50	45.00	7.55
4	T ₀	2712.00	60.00	7.18
5	T ₁	1732.63	42.50	7.18
6	T ₁	2426.67	47.50	7.11
7	T ₁	1748.33	42.50	7.11
8	T ₁	1853.85	40.00	7.55
9	T ₂	2143.75	57.50	7.55
10	T ₂	2658.75	62.50	8.22
11	T ₂	3821.43	67.50	7.55
12	T ₂	3271.25	62.50	8.22
13	T ₃	1940.00	62.50	7.11
14	T ₃	2123.33	52.50	7.18
15	T ₃	2308.89	47.50	7.11
16	T ₃	2670.00	50.00	7.18

Observaciones: _____


 ING. JULIO LLERENA
 TÉCNICO DOCENTE DE LC-FCP


 DR. LUIS HIDALGO
 RESPONSABLE DE CONTROL DE CALIDAD

ANEXO G: Análisis sensoriales de los cueros caprinos terminados



HOJA DE CONTROL DE CALIDAD

FECHA: 06/07/2018

PROCEDENCIA: Diego Barzallo


COLOR: Negro

AREA DE RASTREO: Producto Terminado

TEMA: DESARROLLO DE UNA FORMULACIÓN PARA LA CURTICIÓN DE PIEL CAPRINA CON DIFERENTES CONCENTRACIONES DE ÁCIDO HÚMICO Y UN PORCENTAJE FIJO DE TARA EN LA EMPRESA EL AL-CE.

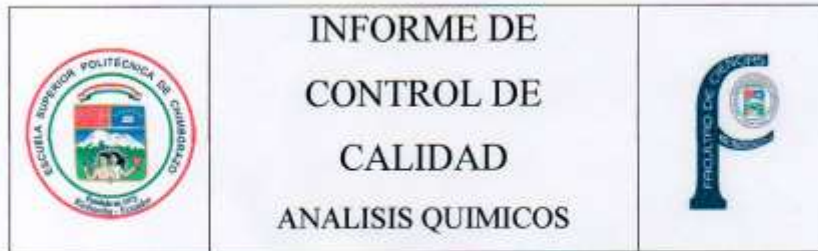
Nº	Detalle	Llenura	Soltura de flor	Blandura
1	T ₀	3	5	5
2	T ₀	3	5	5
3	T ₀	3	5	5
4	T ₀	3	5	5
5	T ₁	4	4	4
6	T ₁	3	3	3
7	T ₁	3	4	3
8	T ₁	4	3	3
9	T ₂	4	4	4
10	T ₂	4	5	4
11	T ₂	5	4	4
12	T ₂	4	4	4
13	T ₃	5	3	3
14	T ₃	5	3	3
15	T ₃	5	3	3
16	T ₃	5	3	3

OBSERVACIONES: Dando una calificación correspondiente a 5 excelente; 4 muy buena; 3 buena; 2 regular y 1 baja


Dr. Luis Hidalgo

RESPONSABLE DE CONTROL DE CALIDAD

ANEXO H: Análisis químicos de los cueros caprinos terminados



FECHA: 04/07/2018

PROCEDENCIA: Diego Barzallo

COLOR: Negro

AREA DE RASTREO: Producto Terminado

N°	Detalle	Humedad Min. 12% Max 18 % Método INEN 565	pH Min. 3.5 Max. 4.5 Método INEN 1072	Δ pH Max. 1 Método INEN 1072
1	T ₀	12.24	3.99	0.6
2	T ₀	12.45	3.97	0.5
3	T ₀	13.12	3.99	0.5
4	T ₀	12.32	3.99	0.7
5	T ₁	12.07	4.12	0.7
6	T ₁	12.58	4.14	0.7
7	T ₁	12.62	4.15	0.4
8	T ₁	12.42	4.18	0.7
9	T ₂	12.24	4.24	0.6
10	T ₂	12.52	4.32	0.7
11	T ₂	12.99	4.27	0.8
12	T ₂	12.98	4.25	0.8
13	T ₃	12.06	4.48	0.7
14	T ₃	12.47	4.42	0.9
15	T ₃	12.52	4.44	0.7
16	T ₃	13.07	4.42	0.9

Ing. Josué Vélez
TECNICO DOCENTE DE LA FC

ANEXO I: Análisis químicos de las aguas residuales de los procesos de curtición



Contáctanos: 0998580374 - 032924322
Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes Riobamba – Ecuador

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Fecha: 18 de junio del 2018

Análisis solicitado por: Sr. Diego Barzallo

Tipo de muestras: Aguas residuales de curtiembres

Localidad: Riobamba

Análisis Químico

Determinaciones Tratamientos	Demanda Química de Oxígeno mg/L	Demanda Bioquímica de Oxígeno mg/L	Cromo VI mg/L
T ₀	39 040.0	29 440.0	0.01
T ₁	41 200.0	30 500.0	0.04
T ₂	57 900.0	31 700.0	0.04
T ₃	57 250.0	31 800.0	0.03

Observaciones:

Atentamente,

Dra. Gina Álvarez R.
RESP. LABORATORIO



Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

ANEXO J: Ficha técnica del ácido húmico utilizado en la investigación

Humipower solid®

Composición

Extracto húmico total 75%	Magnesio (MgO) 500 ppm
Ácidos húmicos 7.0%	Hierro (Fe) 100 ppm
Ácidos fúlvicos 5%	Manganeso 100 ppm
Óxido de Potasio (K ₂ O) 8%	Zinc (Zn) 100 ppm
Silicio (SiO ₂) 0.1%	Azufre (S ₂) 50 ppm
Micorrizas (versículo-arbusculares) 300 Propágulos/ Kg.	Calcio (CaO) 500 ppm

Formulación: Microgranulado para aplicación al suelo.

Beneficios

- Muy alta concentración de Ácidos Húmicos de alta solubilidad, enriquecidos con Micorrizas.
- Mejora la estructura del suelo. Forma complejos orgánico-húmicos.
- Aumenta la retención hídrica.
- Mejora la Capacidad de intercambio iónico.

- Mejora la nutrición de la planta por su poder quelante.
- Mejor germinación y desarrollo radicular.
- Acción auxínica, mejor absorción de agua, aumento de la densidad y de la acción fotosintética.
- Mayor resistencia al marchitamiento.

Descripción

Humipower Solid® es un formulado sólido de liberación lenta con alta persistencia, constituido por Ácidos Húmicos y Fúlvicos totalmente extraídos de Leonardita natural cuidadosamente seleccionada y enriquecidos con Micorrizas.

Humipower Solid®, debido a su alta composición en Ácidos Húmicos, está especialmente indicado para mejorar la estructura de los suelos compactados y muy mineralizados, favoreciendo la liberación de nutrientes bloqueados y estimulando la capacidad de retención del suelo. Al mismo, su acción de estimulación vegetativa sobre las raíces y la planta, permite un mejor desarrollo equilibrado que repercute aumentando las producciones.

Dosis y modo de empleo

El producto **Humipower Solid®** se puede aplicar al suelo sólo o conjuntamente con el abono mineral habitual (NPK, urea, ...). Posteriormente es conveniente realizar un riego para que comience a disolverse. Si no hay riego, aplicar antes de la época de lluvias.

CULTIVO	DOSIS SUELO kg/ha y aplicación	MODO Y ÉPOCA DE APLICACIÓN
FRUTALES y CITRÍCOS: Manzana, pera, melocotón, Naranja, Limón...	40-60	Realizar 1 aplicación al inicio de la floración o al inicio de la primavera.
HORTÍCOLAS: Tomate, Zucchini, Pepino, Cebolla, Berza...	60-100	Realizar 1 aplicación en la siembra o trasplante con el abono de fondo.
INDUSTRIALES: Papa, Zanahoria...	20-25	Realizar 1 aplicación junto con el abono.
ORNAMENTALES y CÉSPEDS	40-60	Realizar 1 aplicación a la siembra del material o en primavera.
TROPICALES: Plátano, Papa, Ñame...	60-100	Realizar 2 aplicaciones repartidas en el ciclo de cultivo.
OVOS	40-60	Realizar 1 aplicación al inicio de la primavera.
CEREALES: Maíz, Arroz, Trigo, Cebada...	15-25	Realizar 1 aplicación junto con el abono de fondo.

Fabricado por

Arvensis agro, S.A.
Carretera Coahuila-Est. 2527
50740 Huixtla de Carls, Oax.
CARHUILLA, OAXACA
Tel: +52 978 882 981
Fax: +52 978 882 981
E-mail: marketing@arvensis.com.mx
WWW.ARVENIS.COM

ANEXO K: Ficha técnica de la tara en polvo utilizado en la investigación



Descripción del Producto

Nombre del producto:

TARA EN POLVO

Descripción:

PARA EL CURTIDO DE PIELES Y LA INDUSTRIA QUÍMICA

La Vaina de Tara en Polvo como una alternativa a los orgánicos sintéticos calificados como tóxicos, con un producto de origen 100% natural no tóxico.

La Composición analítica media de la Tara en Polvo según el método filtro, es:

*TANINOS80%
*NOTANINOS4%
*INSOLUBLES2.5%
* AGUA
3.5%
◆PH3.4
◆PUNTOS
ROJOS 0.8
* PUNTOS
AMARILLOS 1.2
*REL.T/N13.5

Como puede observarse, el tanino de la Tara en Polvo, no contiene prácticamente sustancia colorante, por lo que combinado con la piel, produce un cuero de color muy claro y una excelente resistencia a la luz.

Este producto, da un cuero firme y flexible, dejando el grano de la flor limpio y compacto, la resistencia de la flor a la tensión de rotura es mas alta que la conseguida con cualquier otro tanino vegetal.

Mezclado con otros extractos, la Tara en Polvo se presta bien para el curtido de pieles de Camello, cabra, reptil y para el recurtido de toda clase de curtidos al cromo, ya bien sean para plena flor ó corregida, principalmente para tonos claros o pastel.

La cantidad de Tara en Polvo, que debe de emplearse en recurtidos de cueros al cromo es del 5 al 8 % del peso rebajado, mientras que en combinación con otros extractos para una curtición vegetal se puede alcanzar hasta un 50 % de cantidad vegetal.

La Tara en Polvo, da excelentes resultados en su empleo en pieles de cordero piqueladas de importación, destinadas a forro de color natural.

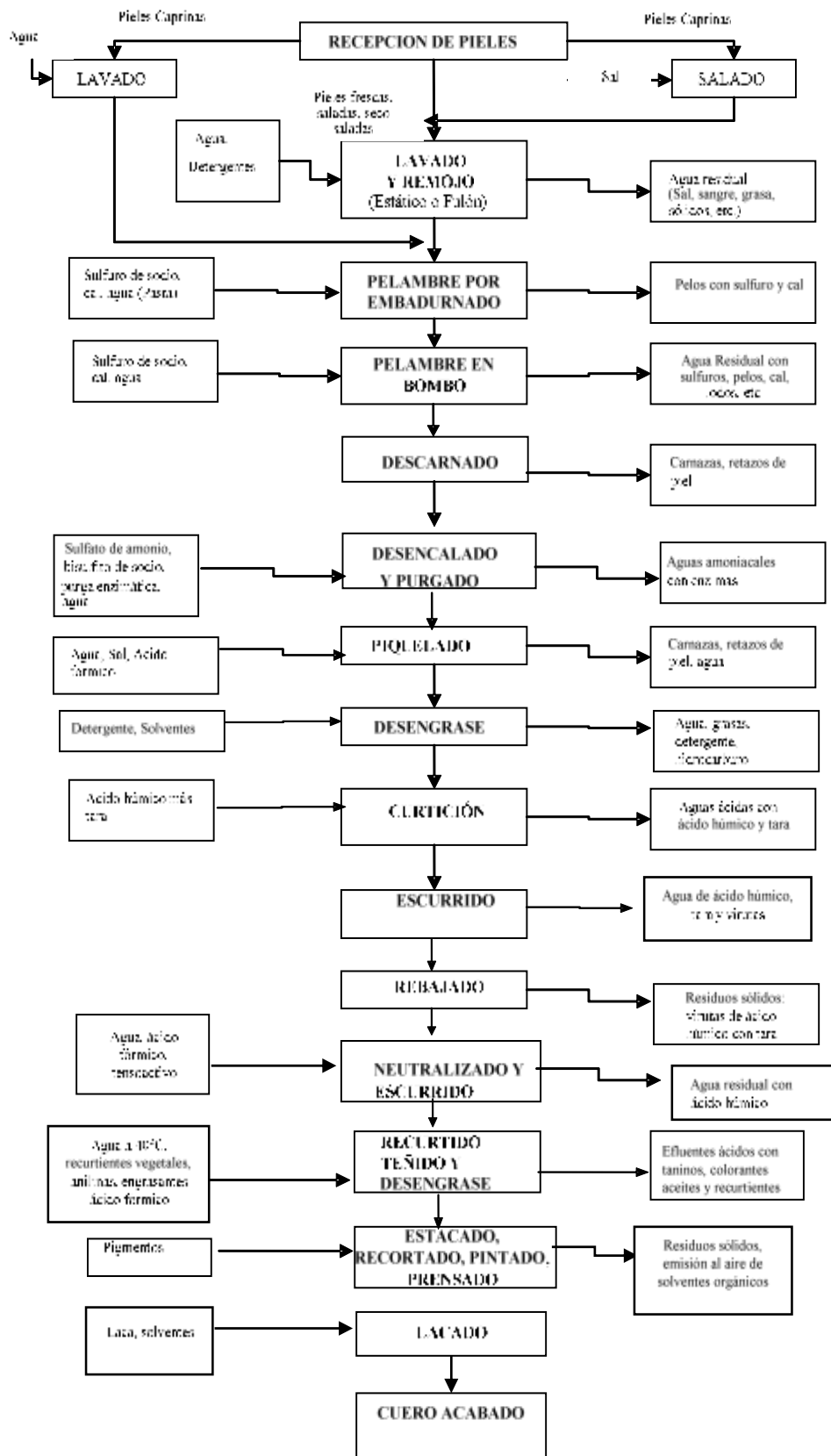
Presentación

En polvo.

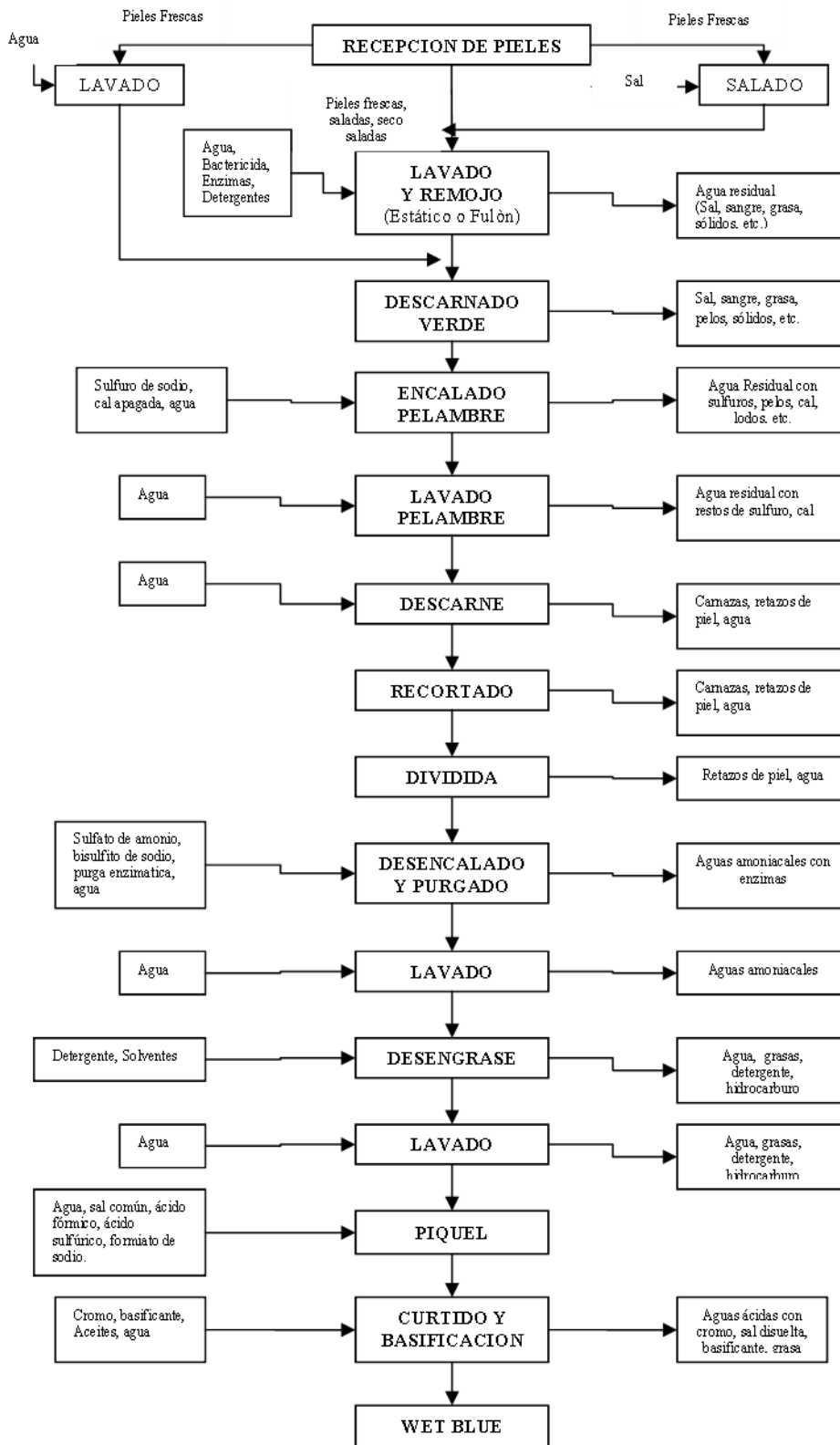
Empaquetado

En sacos de papel clupack multipliego de 25 Kg con bolsa interior de polietileno.

ANEXO L: Diagrama de flujo del proceso de curtición a base de ácido húmico más tara



ANEXO M: Diagrama de flujo de una curtición a base de sales de cromo.



Continuar página siguiente

Continuación

