

DESARROLLO DE UNA FORMULACIÓN PARA LA CURTICIÓN DE PIEL CAPRINA CON ÁCIDO HÚMICO Y TARA

Development of a formulation for the tanning of goat skin with humic acid and tare

Diego Barzallo Granizo, Mabel Parada Rivera*, Cesar Puente Guijarro, Cumandá Carrera Beltrán, Juan Ramos Flores

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias/Carrera de Ingeniería Química, Facultad de Mecánica/Carrera de Ingeniería Automotriz, Riobamba-Ecuador.

*mparada@epoch.edu.ec

R esumen

Este proyecto de investigación tuvo como finalidad determinar la apropiada dosificación de ácido húmico y *Caesalpinia spinosa* (tara), para el proceso de curtido de pieles caprinas, en función de la calidad del cuero obtenido, como alternativa al uso de sales de cromo y su impacto ambiental. Se establecieron 16 unidades experimentales, consistentes de pieles caprinas frescas, mismas que en la Planta Industrial "EL AL-CE" ubicada en el cantón Guano, fueron sometidas al proceso de curtido utilizando diferentes concentraciones de ácido húmico (0, 5, 10 y 20%) y una cantidad fija de tara (15%) como agentes curtientes. Una vez finalizado el proceso se evaluó la calidad de las pieles obtenidas, a través de pruebas físico-mecánicas, sensoriales y químicas. Finalmente, se aplicó un Diseño Experimental Completamente al Azar Simple, de 4 tratamientos con 4 réplicas cada uno utilizando un paquete estadístico. Los mejores resultados del tratamiento estadístico en las pruebas físico-mecánicas: resistencia a la tensión (2973.80 N/cm²), porcentaje de elongación (62.50%) y lastometría (7.89 mm) se reportaron al curtir con 10% de ácido húmico y 15 % de tara. De la valoración sensorial se obtuvo excelentes resultados de llenura al curtir con 20% de ácido húmico, mientras que en blandura y soltura de flor al curtir con 10% de ácido húmico y 15% de tara, generó los mejores resultados. De la valoración química se obtuvo muy buenos resultados en todos los tratamientos investigados. En conclusión, los resultados evidencian la viabilidad de curtir las pieles caprinas con 10 % de ácido húmico en combinación con 15% de tara, obteniendo de esta forma cueros curtidos sin cromo, que cumplen los requerimientos de mercados europeos, para su exportación industrial.

Palabras clave: curtición, ácido húmico, tara (*caesalpinia spinosa*), calidad del cuero.

A bstract

The purpose of this research project was to determine the appropriate dosage of humic acid and *Caesalpinia spinosa* (tare), for the goat skin tanning process, depending on the quality of the leather obtained, as an alternative to the use of chromium salts and their impact environmental. The experimental units used in the present investigation were 16 fresh goat skins, which were subjected to the tanning process using different concentrations of humic acid (0, 5, 10 and 20 %) and a fixed percentage of tare (15%) in the "EL AL-CE" Industrial Plant located in Guano. Once the process was finished, the quality of the skins obtained was evaluated through physical-mechanical, sensory and chemical tests. Finally, a Simple Randomized Experimental Design was applied, of 4 treatments with 4 replicates each using a statistical package. The best results of the statistical treatment in 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 and 15% tare. From the sensory rating, excellent results were obtained in tanning with 20% humic acid, while in softness and flower looseness of the tanning with 10% humic acid and 15% tare, it generated the best results. Chemical evaluation obtained very good results in all investigated treatments. In conclusion, the results show the feasibility of tanning with 10% humic acid in combination with

15% tare, obtaining tanned leathers without chrome meeting the characteristics required by the European markets for its export industrial.

Key words: curtition, humic acid, tare (*caesalpinia spinosa*), leather quality

Fecha de recepción: 20-02-2019

Fecha de aceptación: 07-07-2019

I. INTRODUCCIÓN

En el Ecuador, el proceso de curtido se realiza con sales de cromo (1). Las modernas técnicas de curtición no han podido ser aplicadas en el país por falta de socialización, recursos económicos para el tratamiento de efluentes industriales y conciencia ambiental del sector de la curtiembre (2).

El curtido de pieles utilizando sales de cromo genera un alto impacto ambiental sobre todo por el volumen de agua utilizada en el proceso, su alta carga contaminante y cuando estas aguas residuales industriales son descargadas sin tratamiento alguno hacia cuerpos receptores. Según la ASTDR (2010), el cromo (VI) es clasificado como cancerígeno tipo A, es decir hay suficiente evidencia científica de que causa cáncer en humanos vía inhalatoria.

El cromo por sus propiedades únicas ha sido utilizado rápidamente para muchos propósitos, primero como fijador y oxidante en la industria del teñido, luego en la industria del cuero, posteriormente en la industria metalúrgica por sus propiedades de aleación con hierro y más recientemente en la industria del recubrimiento metálico (3).

El cromo está presente en el ambiente en varios estados de oxidación, pero los estados más estables son +2 y +3 y es propenso a cambiar su valencia a +6, tanto en el medio ambiente como dentro de las células, generando alto riesgo de contaminación biótica (4).

Por esta razón, es fundamental buscar

alternativas que reemplacen el uso de cromo como agente curtiente, así el impacto negativo generado por el sector industrial de la curtiembre en el país, será reducido, además, las pieles curtidas se podrán comercializar en mercados europeos, mejorando así la rentabilidad de éste sector industrial.

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.

Por esta razón se ha propuesto utilizar ácido húmico y tara como agentes curtientes 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 de buena calidad y apta para su comercialización (5).

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 será muy primordial para su utilización en la curtiembre (6).

En el Ecuador la tara se la conoce como guarango y crece como planta silvestre y nativa en diferentes provincias de la sierra, además 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%, de esta forma los taninos forman complejos con las fibras de colágeno de la piel obteniéndose de esta manera una estabilización del colágeno formando una cantidad suficiente de enlaces para su transformación en cuero terminado (7).

Por lo tanto, *Caesalpinia spinosa* (tara) mezclado con otros extractos vegetales como el ácido húmico mejorarían la curtición de pieles obteniéndose un cuero de

calidad debido a que la tara en polvo, brinda excelentes resultados en llenado y morbidez con una flor lisa en los cueros caprinos terminados, destinadas a la fabricación de productos de marroquinería de buena calidad (7).

Además, 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 (8).

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Toda la fase experimental de la presente investigación fue realizada en la Planta Industrial “EL AL-CE”, localizada en el cantón Guano.

La Tabla 1 muestra el diseño experimental propuesto para la investigación, en donde se codifican los tratamientos a ser evaluados, la cantidad de reactivos involucrados, el número de réplicas por tratamiento y el tamaño de la unidad experimental.

Reactivos para la curtición (%)		Código	Repetición	T.U.E	Total de pieles
% Acido húmico	% Tara				
0	15	T0	4	1	4
5	15	T1	4	1	4
10	15	T2	4	1	4
20	15	T3	4	1	4
Total de pieles					16

Tabla 1: Diseño Experimental a investigar
T.U.E: Tamaño de la unidad experimental
Realizado por: Autores, 2018

A. Técnica de recolección de datos

Para la recolección de datos se utilizó bitácoras de investigación, donde se registraron las técnicas empleadas para cada etapa productiva, además de los errores observados en cada proceso y los valores de los parámetros de control en cada etapa de la línea de producción.

Una vez obtenidos los cueros terminados resultantes del diseño experimental, se realizó el control de calidad a través de análisis físico mecánicos, sensoriales y químicos, finalmente, los datos fueron recolectados en hojas de Excel para su posterior tratamiento estadístico.

Para la interpretación de los resultados se utilizó un Di-

seño 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 aplicados fueron los siguientes:

- 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

B. Descripción del proceso productivo

El proceso de producción de cuero caprino consta de tres etapas: ribera, curtido y acabado (9).

La Figura 1, muestra el proceso de producción de pieles caprinas, utilizando en la etapa de curtido una combinación de diferentes niveles de ácido húmico y un porcentaje fijo de tara.

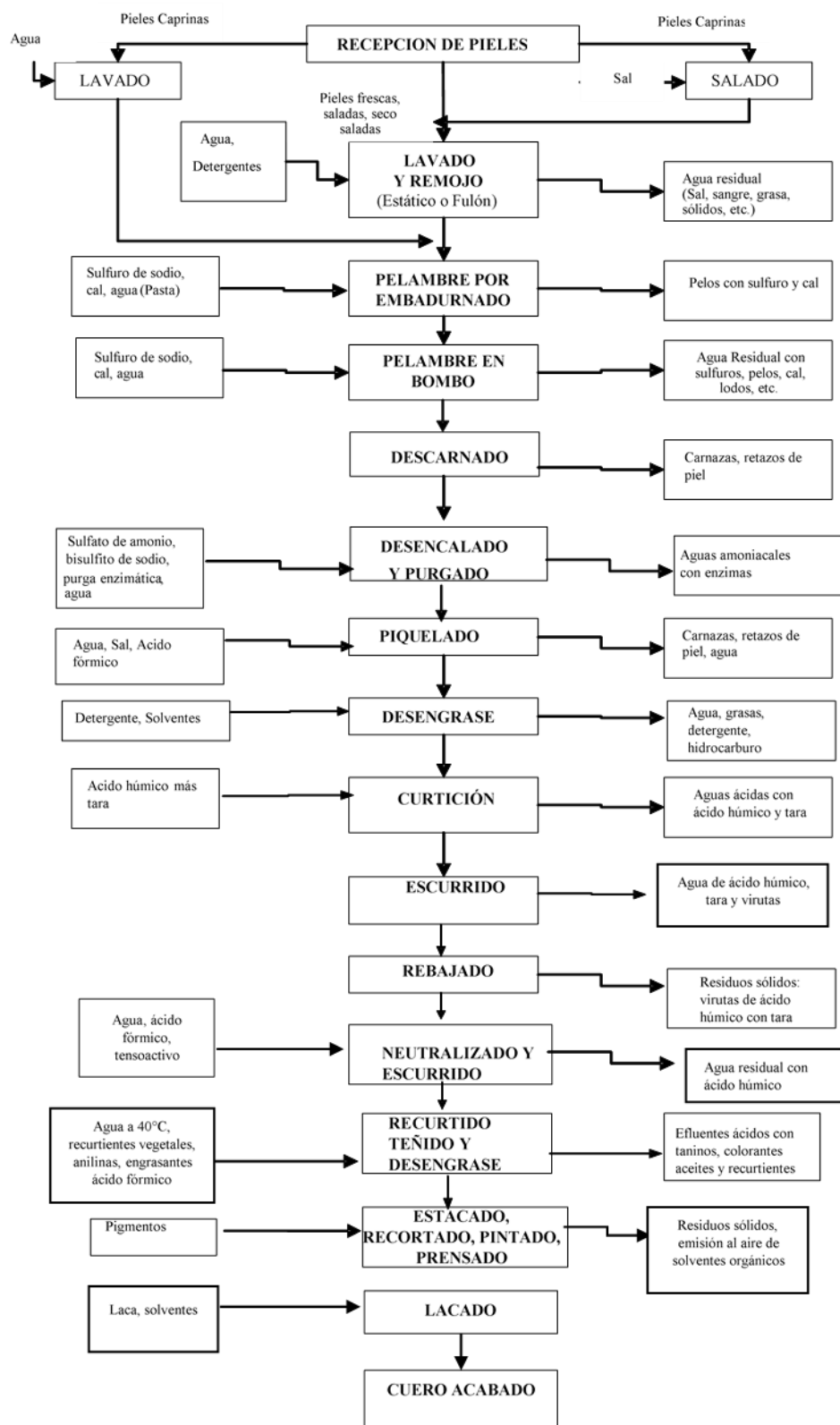


Figura 1: Diagrama de flujo con entradas y salidas del proceso de producción de pieles caprinas, (2018).
Realizado por: Autores, 2018

A continuación, se describe cada una de las etapas del proceso de producción de cuero caprino terminado:

- **Remojo:** primero se registró el peso de

las pieles caprinas frescas y en función de este peso, colocar en el bombo de remojo, las cantidades respectivas de las sustancias químicas, que fueron 300% de agua a temperatura ambiente y 0.5 % de tensoactivo, luego se colocaron las pieles caprinas previamente pesadas y se dejó

girar el bombo durante 15 min para homogeneizar el baño. Posteriormente, dejó reposar el remojo durante 12 horas, para que el tensoactivo ayude a que el agua penetre en la piel; terminado este periodo se escurrió el agua de remojo.

• **Pelambre y calero:** se registró el nuevo peso de las pieles caprinas remojadas y en relación a este peso, se preparó en un recipiente la pasta de pelambre con 5% de agua a 40°C, 1% de cal y 1.5% de Na_2S_2 , misma que fue aplicada homogéneamente a las pieles en el lado de la carne y se dejó reposar durante 12 horas. Seguidamente, utilizando un cuchillo sin filo, se retiró el pelo de forma manual. Posteriormente, se pesó las pieles sin pelo y se preparó un baño con 100% de agua a temperatura ambiente, 3% de cal y 1 % de Na_2S_2 , y se dejó girar el bombo a 4-8 rpm, durante 4 horas, con un reposo de 20 horas y finalmente se eliminó el baño. Después de esta operación y utilizando una cuchilla se procedió al descarnado manual, para eliminar la carnaza y grasa que se encuentra adheridas a la dermis de la piel.

• **Desencalado y rendido:** una vez descarnadas las pieles se registró el nuevo peso y en función de éste se preparó un baño con 150 % de agua a 30°C y 2 % de $(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)$, haciendo girar el bombo durante 60 min, posteriormente se añadió 0.5% de $\text{Na}_2(\text{SO}_3)$ y se giró el bombo nuevamente por 30 min adicionales; 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 fenoltaleína aplicando 3 gotas a un corte de la piel en proceso, si da previamente realizada que debe dar incoloro se verifica que no existe presencia de cal en la piel (pH = 8- 8.5). Finalmente, se escurrió el baño y se lavó 2 veces más las pieles, con 150% de agua, agitando el bombo durante 20 min por lavado.

• **Piquelado:** en el bombo se preparó un baño con el 60% de agua a temperatura ambiente y 7 % de sal, y se colocaron las pieles desencaladas, dejando girar por 10 min; posteriormente se adicionó 1% de ácido fórmico diluido 10 veces su peso (1/10), se controló el pH del baño que debe estar entre 4,5 a 5, se giró el bombo durante 90 min. y se procede a escurrir el baño.

• **Desengrase:** en el bombo se preparó un baño con 100% de agua a 30 °C, 2% de tensoactivo y 3 % de diesel, se colocaron las pieles y se giró el bombo a 8 rpm durante 60 min, y se escurrió el baño. Se preparó un segundo baño con 100% de agua y 1% de detergente, se giró el bombo

por 40 min; posteriormente se escurrió nuevamente el baño y finalmente se lavó las pieles con 200% de agua a temperatura ambiente, haciendo girar el bombo durante 20 min y luego se escurrió este último baño.

• **Curtido:** las pieles fueron sometidas a 4 tratamientos de curtido (T0, T1, T2 y T3), con varias cantidades de ácido húmico (0, 5, 10 y 20%) y una cantidad fija de tara (15%) El ácido húmico sólido, correspondiente a cada tratamiento, primero fue disuelto a 25 g/l y dependiendo la cantidad a utilizar en el proceso en función al peso de las pieles de cabra , se calcula la cantidad en litros que ingresará al bombo , esta cantidad se dividió en tres porciones, girando el bombo una hora por porción; luego se añadió 7 % de sal común y se giró el bombo durante 15 min., para posteriormente añadir 1.4 % de ácido fórmico (diluido 1/10) y girar 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 óptimo (6). 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.

• **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 rellente 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.

- **Tintura y engrase:** se preparó un baño con 100% de agua a temperatura de 40°C con 2% de rellente 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.

- **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.

- **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

(8). 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.

III. RESULTADOS

Para la interpretación de resultados, se dividió la investigación en 4 etapas:

- Etapa 1: Determinación del porcentaje de fijación del ácido húmico en la piel caprina, mediante el uso de balance de materia en la etapa de curtido.
- Etapa 2: Determinación de las propiedades físico-mecánicas del cuero.
- Etapa 3: Determinación de las propiedades sensoriales del cuero.
- Etapa 4: Determinación de las propiedades químicas del cuero.

A. Determinación del porcentaje de fijación de ácido húmico en la piel curtida.

La Tabla 2 ilustra el balance de masa del ácido húmico y porcentaje de fijación de ácido húmico en las pieles caprinas, para cada uno de los tratamientos investigados.

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

Tabla 2: Resultados del balance de masa de la cantidad ácido húmico aplicado en la etapa de curtido.

Realizado por: Autores, 2018

B. Determinación de las propiedades físico-mecánicas del cuero.

“La determinación de las propiedades físico-mecánicas del cuero se realizó siguiendo los métodos descritos por Font (2002) sobre análisis y ensayos de la industria de curtido”, que emulan las fuerzas externas que soportaran los cueros cuando sean utilizados para la confección de prendas de vestir, calzado o marroquinería (10), por lo que es fundamental su determinación.

En la presente investigación se evaluó la resistencia a la tensión, porcentaje de elongación y lastometría. Los re-

sultados obtenidos fueron tabulados con la herramienta computacional Excel y evaluados con el paquete estadís-

tico infostat. La Tabla 3, muestra un resumen de los resultados generados.

VARIABLES EVALUADAS	TRATAMIENTOS								Limite permisible	*EE	*PROB	*SIGN
	T0		T1		T2		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	**

Tabla 3: Evaluación de las propiedades físico-mecánicas de los cueros caprinos curtidos

*EE: Error Estadístico *PROB: Probabilidad *SIGN: Significancia

**Las diferencias son altamente significativas P<0.05

Promedios con letra igual (a) no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de Tukey P<0.05

Promedios con letras diferentes (a, b) difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de Tukey P<0.05

Realizado por: Autores, 2018

C. Determinación de las propiedades sensoriales del cuero

“La determinación de las propiedades sensoriales del cuero se realizó siguiendo la escala de calificación para variables sensoriales de cueros caprinos curtidos descritos por Hidalgo (2017)”, puesto que la aceptación del cuero en el mercado también depende de las propiedades senso-

riales, determinadas por un catador de cueros curtidos (12), quién a través de sus sentidos y parámetros establecidos, determinó la llenura, blandura y soltura de flor, con valores de 0 a 5 puntos. La Tablas 4, muestra un resumen de los resultados obtenidos de la valoración y su tratamiento estadístico.

VARIABLES EVALUADAS	TRATAMIENTOS								*H	*EE	*PROB	*SIGN
	T0		T1		T2		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	**

Tabla 4: Evaluación de las propiedades sensoriales de los cueros caprinos curtidos.

*H: Factor Kruskal-Wallis *EE: Error Estadístico *PROB: Probabilidad *SIGN: Significancia

**Las diferencias son altamente significativas P<0.05

Promedios con letra igual (a) no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de Tukey P<0.05

Promedios con letras diferentes (a, b, c) difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de Tukey P<0.05

Realizado por: Autores, 2018.

D. Determinación de las propiedades químicas del cuero

La determinación de las propiedades químicas cuero terminado se realizó mediante los métodos estipulados en la norma INEN 565 (% de humedad) y 1072 (pH e índice de referencia), ya que resultados por debajo de los límites permisibles estipulados en la norma afectará principalmente en los análisis físicos mecánicos del cuero terminado generan problemas en la resistencia a la tensión, resistencia al desgarre, lastometría entre otros.

La Tabla 5, muestra los resultados obtenidos y el tratamiento estadístico de los datos.

La variación del pH juega un rol importante en la fijación del ácido húmico en la piel caprina y es la variable que controla las características del cuero, por lo que se busca mantener en un valor óptimo de lo contrario el colágeno no se torna reactivo y resulta en cueros de deficiente calidad.

VARIABLES	TRATAMIENTOS								Limite per- misible	EE	PROB	SIGN
	T0		T1		T2		T3					
% 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

Tabla 5: Evaluación de las propiedades químicas de los cueros caprinos curtidos

*H: Factor Kruskal-Wallis

*EE: Error Estadístico

*PROB: Probabilidad

*SIGN: Significancia

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

Promedios con letra igual (a) no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de Tukey $P < 0.05$

Promedios con letras diferentes (a, b, c) difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de Tukey $P < 0.05$

Realizado por: Autores, 2018.

IV. DISCUSIÓN

Los resultados del balance de masa de ácido húmico, Tabla 2, utilizado en la curtición de pieles caprinas, reportaron valores favorables de fijación para todos los tratamientos investigados, afirmando que su uso como curtiente permitió la reacción con los grupos reactivos del colágeno, estabilizando la piel y obteniendo de esta forma cuero terminado (11); pero el mayor porcentaje de fijación (81.63%), fue observado en el tratamiento T1, al curtir con 5% de ácido húmico y 15% de tara, sin embargo, al utilizar un 10% de ácido húmico se obtuvo una mejor calidad en el cuero terminado obteniendo un porcentaje de fijación menor de 62.08%; esto se debe al impedimento estérico que presenta la piel teniendo una mayor afinidad y fijación con productos curtientes que su fórmula química sea menos compleja que el ácido húmico, por esta razón entre mayor cantidad de ácido húmico se utilice menor será su porcentaje de fijación con la piel quedando en la parte superficial un exceso de ácido húmico, por lo tanto se evidencia que utilizar una cantidad excesiva de ácido húmico puede perjudicar a la piel del cuero terminado.

Una vez realizado el tratamiento estadístico y determinar la interacción entre la variable independiente (diferentes concentraciones de ácido húmico más una cantidad fija de tara) con la variable dependiente (calidad del cuero obtenido) se determinó si existe significancia o no entre estas variables. De esta forma se obtuvo que los datos obtenidos de las

pruebas físicos-mecánicas aplicados a los cueros terminados reportaron que son resultados estadísticamente significativos lo que establece que la calidad del cuero obtenido depende de las concentraciones de los agentes curtientes utilizados en el proceso de curtido, sin embargo, en la Tabla 4, los mejores resultados, para los 3 parámetros analizados, se obtuvieron en el tratamiento T2 (10% de ácido húmico y 15% de tara), con una resistencia a la tensión de 2973.80 N/cm², elongación del 62.50%, y lastometría de 7.89 mm, en comparación al tratamiento T0 (15% de tara), donde se obtuvo valores de 2219.12 N/cm², 49.38% y lastometría 7.35 mm, respectivamente. Sin embargo, todos los tratamientos investigados (T0, T1, T2 y T3) cumplen con estándares físico-mecánicos, establecidos en las normas IUP.

En cuanto a los análisis sensoriales del cuero terminado reportan que son datos estadísticamente significativos que de igual manera que las pruebas físico mecánicas depende la calidad del cuero de las diferentes concentraciones de ácido húmico utilizado en el proceso de curtición, en la Tabla 4, los mejores resultados en los tres parámetros ensayados fueron para el tratamiento T2 (10% de ácido húmico y 15% de tara) obteniendo llenura de 4.25, soltura de flor de 4.25 y blandura de 4, puntos respectivamente, en comparación a los otros tratamientos. Sin embargo, el tratamiento T3, con 20% de ácido húmico y 15% de tara, resultó con el máximo puntaje (5 puntos) pero solo en llenura.

Del análisis químico, Tabla 5, todos los tratamientos de curtición investigados, resultaron favorables, donde se observa que netamente el pH es estadísticamente significativo ya que es la variable que influye con las concentraciones de ácido húmico aplicadas a la piel puesto que la humedad y el índice de referencia solamente permiten corroborar los datos obtenidos en las pruebas físico-mecánicas. Por lo tanto, los cueros caprinos terminados cumplieron con los límites permisibles de % de humedad, pH e índice de referencia, estipulados en la norma INEN 565

(% de humedad) y 1072 (pH e índice de referencia). Sin embargo, los tratamientos T2 y T3 resultaron los mejores en sus características químicas.

V. CONCLUSIONES

A nivel industrial, en la empresa el AL-CE, se investigaron varias dosificaciones de ácido húmico en combinación con un porcentaje fijo de tara, para la curtición de pieles caprinas. Todos los cueros caprinos obtenidos en los tratamientos investigados, cumplieron con los parámetros de calidad, tanto en los ensayos físico-mecánicos, como sensoriales y químicos, aplicados al cuero terminado. Los mejores resultados de la caracterización físico-mecánica efectuada a los cueros caprinos terminados, se obtuvo en el tratamiento T2, esto es al curtir con 10% de ácido húmico y 15% de tara, reportando valores de resistencia a la tensión de 2973.80 N/cm², porcentaje de elongación del 62.50% y lastometría de 7.89 mm.

De la caracterización sensorial de los cueros terminados, se obtuvo excelentes resultados (5 puntos) en la variable "llenura", en el tratamiento T4, al curtir con 20% de ácido húmico y 15% de tara; mientras que en "blandura" y "soltura de flor", el tratamiento T0, el curtir únicamente con el 15% de tara, generó el mayor puntaje. De la caracterización químicas del cuero resultante de la curtición, el

mayor porcentaje de humedad (12.68%), correspondió al tratamiento T2, al curtir con 10% de ácido húmico y 15% de tara; mientras que el mayor valor de pH (4.44) e índice de referencia (0.88), resultaron para el tratamiento T3, al curtir con 20% de ácido húmico y 15% de tara.

Finalmente, el tratamiento T2, curtido con 10% de ácido húmico en combinación con 15 % de tara, es la opción más favorable para obtener cueros caprinos, puesto que esta dosificación resultó en los mejores parámetros de calidad, tanto físico-mecánicos, como sensoriales y químicos, del cuero terminado, respecto al resto de tratamientos; así los valores en las pruebas sensoriales de llenura, soltura de flor y blandura, fueron de 4.25, 4.25 y 4.00, puntos respectivamente; mientras que en las pruebas químicas, el porcentaje de humedad, pH e índice de referencia, fueron 12.68%, 4.27 y 0.73, respectivamente; todos ellos valores ideales para la fabricación de artículos de cuero y marroquinería.

Referencias

1. Alessandrello M. Biotransformación de Cr (VI) mediada por las bacterias y su aplicación en sistema de tratamiento de aguas residuales industriales. Buenos Aires: Universidad Nacional de Sarmiento; 2015.
2. Medina M. 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*. 2016;1(1):86-94.
3. Alessandrello M. Biotransformación de Cr (VI) mediada por las bacterias y su aplicación en sistema de tratamiento de aguas residuales industriales. Buenos Aires: Universidad Nacional de Sarmiento; 2015.
4. Gutiérrez J. Mecanismos de interacción con cromo y aplicaciones biotecnológicas en hongos. *Rev Latinoam Biotecnol Ambient*. 2013;1(1):48-49.
5. Bañón E. Estudio de la pirólisis de piel curtida. Alicante: Universidad de Alicante; 2016.
6. Ollé L. Técnicas Especiales del Curtidos. Cataluña: Consorci Escola Tècnica d'Igualada; 2013.
7. Lapa PDLC. APROVECHAMIENTO INTEGRAL Y RACIONAL DE LA TARA *Caesalpinia spinosa* - *Caesalpinia tinctoria*. *Rev Inst Invest Fac Geol Minas Metal Cienc Geogr*. 2012;7(14):64-73.
8. Salguero A. Técnicas básicas de guarnicionería. Antequera-España: IC Editorial; 2018.
9. Soler J. Procesos de curtidos. Cataluña: Consorci Escola Tècnica d'Igualada; 2000.
10. Font J. Análisis y ensayos en la industria del curtido. Cataluña: Consorci Escola Tècnica d'Igualada; 2002.
11. Maya J. Curtición de piel caprina con la utilización de niveles de tara y un porcentaje fijo de glutaraldehído para la obtención de cuero para calzado [Internet]. 2016 [cited 2018 Jun 15]. Available from: <http://dspace.epoch.edu.ec/bitstream/123456789/7361/1/27T0334.pdf>
12. Hidalgo L. Texto básico de Curtiembre. Escala de calificaciones de las pieles caprinas. Riobamba: ESPOCH; 2017.