



*Curtición orgánica de pieles bovinas utilizando diferentes niveles de ácido húmico y caesalpinia spinosa para cuero de marroquinería*

*Organic curtición of bovine piles using different levels of humic acid and caesalpinia spinosa for leather goods*

*Curtición orgánica de pieles bovinas utilizando diferentes niveles de ácido húmico y caesalpinia spinosa para cuero de marroquinería*

Cesar Arturo Puente-Guijarro <sup>I</sup>

[cesar.puente@epoch.edu.ec](mailto:cesar.puente@epoch.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0002-2459-6182>

Jessica Paola Arcos-Logroño <sup>II</sup>

[paola.arcos@epoch.edu.ec](mailto:paola.arcos@epoch.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0002-9462-2219>

Jimmy Danilo Molina-Paguay <sup>III</sup>

[jimmy.molina@championx.com](mailto:jimmy.molina@championx.com)

<https://orcid.org/0000-0002-9312-5640>

**Correspondencia:** [cesar.puente@epoch.edu.ec](mailto:cesar.puente@epoch.edu.ec)

Ciencias Técnicas y Aplicadas

Artículo de investigación

\***Recibido:** 15 de noviembre de 2020 \***Aceptado:** 21 de diciembre de 2020 \* **Publicado:** 09 de enero de 2021

- I. Doctor en Ingeniería Industrial, Magister en Protección Ambiental, Ingeniero Químico, Docente de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- II. Master Universitario en Ciencias Agroambientales y Agroalimentarias, Ingeniera en Biotecnología Ambiental, Docente de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Sede Morona Santiago, Macas, Ecuador.
- III. Magister en Ingeniería Química Aplicada. Ingeniero Químico, Champions Technologies del Ecuador Cia Ltda, Ecuador.



## Resumen

El presente proyecto de investigación tuvo como objetivo establecer la calidad de los cueros bovinos curtidos con Tara (*Caesalpinia spinosa*) en combinación con ácido húmico. Las unidades experimentales utilizadas fueron 20 pieles bovinas divididas en 4 tratamientos con 5 repeticiones cada una, cada tratamiento difiere en la adición de distintos porcentajes de Tara y de ácido húmico, a las cuales se les aplicó un Diseño Completamente al Azar simple. Los mejores resultados de las pruebas físico-mecánicas: resistencia a la tensión (2892.92 N/cm<sup>2</sup>), porcentaje de elongación (68%) y lastometría (9.81 mm) se reportaron al curtir con 15% de Tara + 0 % de ácido húmico. En cuanto a las calificaciones sensoriales de los cueros bovinos se reportan valores de llenura y soltura de flor de 4.8 puntos respectivamente al curtir con 0% Tara + 15% de ácido húmico, y para blandura corresponde al tratamiento de 15% Tara + 0% de ácido húmico con un valor de 4.8 puntos considerándose de calidad “excelente” según la escala de calificación según Hidalgo (2017). Al determinar los análisis de la DBO<sub>5</sub> y DQO se obtuvo valores mayores a los límites permisibles para todos los tratamientos aplicados, en cuanto a lo económico se obtuvo los costos de 0.17- 0.18 USD/ dm<sup>2</sup> por cuero producido generando una producción rentable. Por lo expuesto anteriormente se tiene que los resultados obtenidos señalan la posibilidad de curtir al cuero bovino con Tara (*Caesalpinia spinosa*) en combinación de ácido húmico para obtener mejores resultados sensoriales teniendo una alternativa viable para curtir cueros bovinos sin cromo cumpliendo con las características y especificaciones requeridas por los mercados europeos para su exportación, así como también generando menores costos en la producción y una mayor rentabilidad para la curtiembre el “ALCE”.

**Palabras clave:** Curtición: ácido húmico; tara (*caesalpinia spinosa*); cuero bovino.

## Abstract

The objective of this research project was to establish the quality of Tara tanned bovine hides (*Caesalpinia spinosa*) in combination with humic acid. The experimental units used were 20 bovine skins divided into 4 treatments with 5 repetitions each, each treatment differs in the addition of different percentages of Tara and humic acid, to which a Completely Simple Random Design was applied. The best results of the physical-mechanical tests: tensile strength (2,892.92N/cm<sup>2</sup>), percentage of elongation (68%) and lastometry (9.81 mm) were reported when tanning with

15% Tara + 0% humic acid. Regarding the sensory ratings of bovine hides, fullness and grain size values of 4.8 points are reported, respectively, when tanned with 0% Tare + 15% humic acid, and for softness corresponds to the treatment of 15% Tare + 0% of Humic acid with a value of 4.8 points, considered of "excellent" quality according to the rating scale according to Hidalgo (2017). When determining the analyzes of the Biochemical Oxygen Demand (BOD) and Chemical Oxygen Demand (COD), values higher than the permissible limits for all the treatments applied were obtained. In terms of economics, the costs were 0.17 - 0.18 USD / dm<sup>2</sup> for leather produced generating profitable production. Due to the aforementioned, the results obtained indicate the possibility of tanning bovine leather with Tara (*Caesalpinia spinosa*) in combination with humic acid to obtain better sensory results, having a viable alternative to tan bovine hides without chromium, complying with the characteristics and specifications. required by the European markets for export, as well as generating lower production costs and higher profitability for the tannery, the "ALCE"

**Key words:** Engineering and chemical technology; Tanning; Humic acid; tara (*caesalpinia spinosá*); bovine leather.

## Resumo

O presente projeto de investigação tuvo como objetivo estabelecer a qualidade de los cueros bovinos curtidos com Tara (*Caesalpinia spinosa*) em combinação com ácido húmico. Las unidades experimentais utilizadas por 20 pieles bovinas divididas en 4 tratamientos con 5 repeticiones cada one, cada tratamiento difiere en la adición de distintos porcentajes de Tara e de ácido húmico, a las cuales se les aplico un Diseño Completamente al Azar simples. Los mejores resultados das pruebas físico-mecânicas: resistencia a la tensión (2892,92 N / cm<sup>2</sup>), porcentaje de elongación (68%) y lastometría (9,81 mm) reportaron al curtir con 15% de Tara + 0% de ácido húmico. En cuanto a las calificaciones sensoriales de los cueros bovinos se reportan valores de llenura y soltura de flor de 4.8 pontos respectivamente al curtir con 0% Tara + 15% de ácido húmico, y para blandura corresponde al tratamiento de 15% Tara + 0% de ácido húmico con un valor de 4.8 pontos considerados de qualidade "excelente" segundo a escala de calificación según Hidalgo (2017). Al determinar a análise de DBO5 e DQO se obter valores maiores a los límites permisibles para todos os tratamientos científicos, en cuanto a lo económico se obter os custos de 0,17-0,18 USD / dm<sup>2</sup> por cuero producido gerando uma produção alugável. Por lo expuesto anteriormente se tiene que

los resultados obtenidos señalan la posibilidad de curtir al cuero bovino con Tara (Caesalpinia spinosa) em combinación de ácido húmico para obtener mejores resultados sensoriales teniendo una viável para curtir cueros bovinos sin cromo cumpliendo con las características y especificaciones requeridas pelos mercados europeos para sua exportação, como también generando menores custos na produção e um perfeito rentabilidad para a curtiembre el “ALCE”

**Palabras clave:** Curtición; ácido húmico; tara (caesalpinia spinosa); cuero bovino.

## Introducción

Las pieles de animales han estado ligadas a la cotidianidad de los seres humanos desde los tiempos prehistóricos; han constituido un elemento fundamental, con múltiples usos en el hogar y en la industria, continuando vigente a pesar de los enormes avances en los procesos tecnológicos que determinan innovaciones en la fabricación y en las características de los productos, incluidos los de consumo masivo como zapatería, marroquinería, tapicería y vestimenta (Martinez, 2017)

La curtición de pieles es una actividad industrial que día a día se actualiza al ritmo de los avances de la investigación de nuevos productos químicos, por ello, el estudio de su tecnología emergente es fundamentalmente una rama de las ciencias químicas en continuo desarrollo. Por tal motivo, es de real importancia mantener actualizado el proceso productivo en pro de buscar nuevas tecnologías para mejorar las características del producto final utilizando insumos amigables con el ambiente (Hidalgo L., 2013).

La curtición al cromo ha sido el método más antiguo utilizado para el tratamiento de pieles 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 (Martinez, 2017), lo que provoca un alto impacto ambiental debido a su elevada toxicidad, en investigaciones realizadas en los últimos años demuestran que el óxido de cromo trivalente bajo ciertas condiciones puede convertirse en oxido 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 (Tegtmeyer & Kleban, 2014). 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 (Barzallo Granizo, 2018).

En investigaciones realizadas, se ha podido determinar que los taninos vegetales logran obtener buenas características de las pieles curtidas con cromo, además de que estos compuestos no generan contaminación ya que son de composición orgánica (Barzallo Granizo, 2018).

Se llama curtición 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)

Este tipo de curtición wet White está tomando importancia en los últimos tiempos por determinadas razones. Limitaciones en su actuación y consideraciones químicas y técnicas han demostrado que esta no cumple con lo esperado en términos de una completa eliminación de la curtición cromo en el proceso de curtición. No obstante, sí que hay un incremento en el interés de utilizar el cuero wet-white en determinados sectores de la producción de pieles (Índigo, 2015).

A la fecha, todos los curtidores enfrentan el mismo problema: minimizar el impacto de sus procesos en el medioambiente y en la salud, al tiempo en que venden sus productos en el mercado internacional, estas presiones regulatorias obligan a los curtidores a realizar mejoras continuas en las operaciones de sus procesos. Para evitar este problema, los cueros wet-white se producen con combinaciones de taninos sintéticos, taninos vegetales, glutaraldehídos y minerales, como sales de aluminio y de circonio. (Silvateam, 2020).

Según (Morera, 2007), demostró al día de hoy, que el glutaraldehído se puede considerar como una sustancia eficaz en el pre curtido del wetwhite. El curtido wet-white permite fabricar cueros libres de cromo, con el mismo equipo que utilizan las curtiembres que normalmente curten al cromo. Existe una gran variedad de cueros producidos utilizando el sistema wet-white, incluyendo cueros para automóviles, tapicería, prendas y empeines de calzado. (Silvateam, 2020)

Se han realizado abundantes intentos para desarrollar curticiones Wet White empleando agentes curtientes distintos, pero se ha encontrado que los aldehídos están en posición de competir con los curtientes minerales tales como cromo en relación peso por peso o mol a mol. Por esto, el glutaraldehído se ha impuesto en la fabricación del Wet White, como veremos con muchas posibilidades de evolución. (Índigo, 2015)

## Materiales y métodos

En el presente trabajo de investigación se realizó en la Industria de Curtiembre “ALCE”. En la Tabla 1 se detalla el diseño experimental utilizado la curtición de las pieles bovinas, detallando los porcentajes de Tara (*Caesalpinia spinosa*) y ácido húmico, además se codificó cada tratamiento utilizado en la parte experimental con sus repeticiones.

En el presente trabajo de investigación se realizó en la Industria de Curtiembre “ALCE”. En la Tabla 1 se detalla el diseño experimental utilizado la curtición de las pieles bovinas, detallando los porcentajes de Tara (*Caesalpinia spinosa*) y ácido húmico, además se codificó cada tratamiento utilizado en la parte experimental con sus repeticiones.

**Tabla 1:** Diseño Experimental a investigar

Producto para la curtición	Código	Repetición	T.U.E	Total de pieles
<b>15% de tara, 0% de ácido húmico.</b>	T1	5	1	5
<b>10% de tara, 5% de ácido húmico.</b>	T2	5	1	5
<b>5% de tara, 10% de ácido húmico.</b>	T3	5	1	5
<b>0% de tara, 15% de ácido húmico.</b>	T4	5	1	5
<b>Total de pieles</b>				20

T.U.E: Tamaño de la unidad experimental

Realizado por: Los Autores, 2019

## Técnica de recolección de datos

Para la recolección de datos se usaron bitácoras para la elaboración de recetas formuladas para el proceso de curtición. Así mismo, los datos obtenidos de las distintas pruebas de calidad, se registraron en hojas de Excel para su posterior análisis e interpretación llamado SPSS Statistics 25. Para la interpretación de los resultados se utilizará un diseño completamente al azar simple (DCA), por que las condiciones dentro del bombo o molinete se encuentran controladas en cada una de las repeticiones. El modelo estadístico que sigue este diseño experimental se detalla a continuación:

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

Donde:

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

$\mu$  = Efecto de la media por observación

$\alpha_i$  = Efecto de los diferentes niveles de silicato de sodio en combinación con guarango

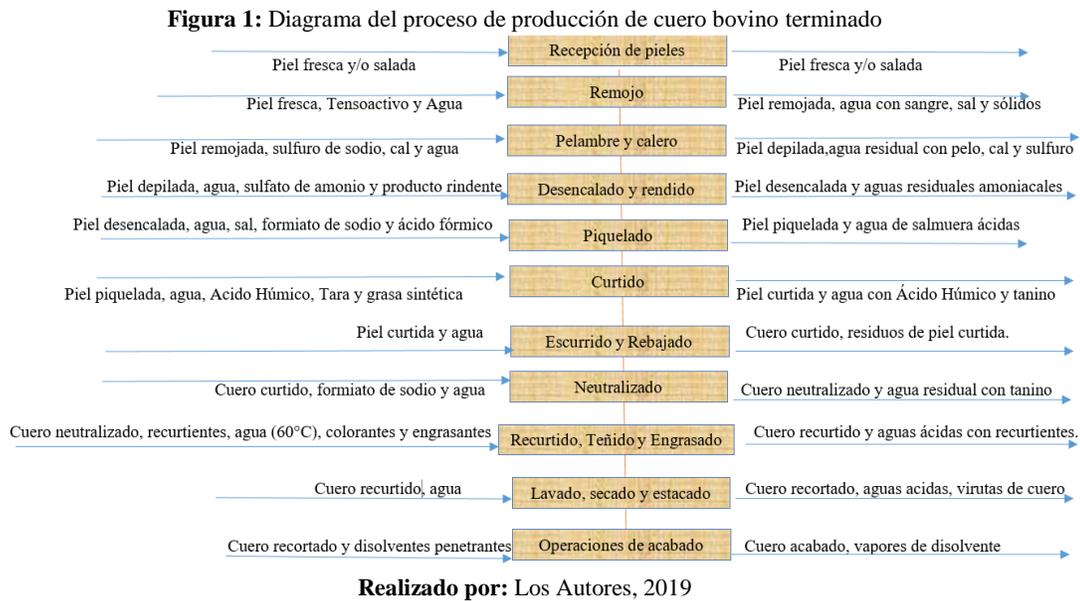
$\epsilon_{ij}$  = Efecto del error experimental

Los análisis estadísticos que se llevarán a cabo son los siguientes:

- Análisis de varianza (ADEVA) para las pruebas físico mecánicas.
- Prueba de Kruskal –Wallis y Chi.cuadrado para las pruebas sensoriales.

## Descripción del proceso productivo

El proceso productivo que se llevó a cabo para transformar la piel bovina en cuero terminado se muestra en la Figura 1.



En la etapa de curtido se utilizó diferentes concentraciones Tara (*Caesalpinia spinosa*) en combinación con ácido húmico.

A continuación, se puntualiza cada etapa productiva para la obtención de cuero bovino terminado:

**1. Remojo** se considera el primer paso para la curtición de pieles, realizando el pesado de cada uno, se preparó el baño de las pieles adicionando 300% de agua a temperatura ambiente 1% de tenso activo durante 24 horas, logrando retirar las diferentes impurezas que traen consigo las pieles y ayuda a la hidratación de la estructura fibrilar del colágeno.

**2. Pelambre y calero:** En función de los pesos de las pieles bovinas se preparó un baño con 300% de agua, 5% de cal y 3% de sulfuro de sodio y se rodó el bombo por 4 horas, después se dejó en reposo durante 24 horas y se eliminó el agua del bombo. Posteriormente se lavó las pieles con un baño de 300% de agua y 1% de sulfato de amonio a temperatura ambiente dejando rodar el bombo durante 30 min y se descargó el agua.

**3. Desencalado y rendido:** Una vez realizado el proceso de lavado se prepara un baño para el desencalado de 300% de agua y 1 % de sulfato de amonio en función al nuevo peso que tienen las pieles, girando en el bombo por 30 minutos. Posterior a esto se añade 0.5% de bisulfito de sodio y se continúa girando por 30 minutos, finalmente se añade 1% de rindente y se deja girar durante 60 minutos. Después de este proceso se realizan dos lavados con 300% de agua por 20 minutos cada uno.

**4. Piquelado:** El proceso de piquelado consistió en un baño con 100% de agua a temperatura ambiente y 7% de sal en grano girando en el bombo durante 20 min se mide el pH del agua para mantener en un medio neutro, luego se adiciona 2% de ácido fórmico diluido 1/10 en dos partes para evitar la destrucción de las pieles bovinas dejando girando en el bombo durante 30 minutos cada una. Finalmente se añade 3% de aldehído y se deja girar 120 minutos en el bombo al finalizar de mide el pH para verificar el valor óptimo de curtición.

**5. Curtido:** Antes de realizar el proceso de curtido se obtuvo el ácido húmico a partir del humus con un pH de 3 para utilizar como agente curtiente.

**5.1 Preparación de ácido húmico:** El ácido húmico se obtuvo pesando 24 kg de humus con 2.69Kg de hidróxido de potasio y se añadió 240 litros de agua destilada, a baño maría se calentó hasta a 60 °C por dos horas con agitación continua, posteriormente se separó por tamizado los residuos sólidos del extracto del humus que se dejó reposar por 24 horas para finalmente añadir ácido sulfúrico logrando la obtención del ácido húmico en un rango de pH de 2.5 a 3.

**5.2 Curtición mixta:** Una vez obtenido el ácido húmico se lleva a cabo la curtición mixta usando los diferentes porcentajes de Tara en combinación con los diferentes porcentajes de ácido húmico. Para el Tratamiento T1 se adicionó 15% de tara + 0% de ácido húmico, para T2 10% de tara + 5% de ácido húmico, para T3 5% de tara + 10% de ácido húmico y finalmente para el T4 0% de tara + 15% de ácido húmico manteniendo un pH de 3- 3.5.

A cada uno de los tratamientos se realiza un pre-engrase adicionando 2% de grasa sintética después de adicionar los agentes curtientes girando en el bombo por 5 horas. Al final del proceso se verifica los pH de las pieles bovinas.

Las pieles se descargan del bombo y se perchan durante 24 horas, luego se dejan escurrir lo suficiente para retirar el exceso de agua y poder realizar el raspado que consiste en mantener el espesor de las pieles en 1.5 mm apropiadamente.

**6. Neutralizado y recurtido:** Las pieles se vuelven a pesar, a continuación, se colocan en un baño de 200% de agua, 0.2% de ácido fórmico diluido y 0.2% de tensoactivo, girando en el bombo durante 15 minutos y se escurre. Se neutraliza el curtido con 200% de agua y 1% de formiato de sodio en función al peso anterior por 15 minutos, posterior se añade 1 % de bicarbonato de amonio 1/10 diluido girando en el bombo durante 90 minutos. Al finalizar se mide el pH del baño.

**7. Tintura y engrase:** Se realizó dos lavados con 200% de agua en función al peso anterior, girando en el bombo durante 15 minutos cada uno. El proceso de teñido y engrase utiliza 100% de agua a temperatura de 70°C, 3% de relleno de faldas, 3 dispersante de grasa y 2% de grasa PROVOL BA, dejando girar en el bombo durante 60 minutos. Después se añadió 100% de agua a temperatura de 70°C y 2% de anilina negra de atravesado diluida 1/10 con agua a temperatura de 70°C y se deja girar por 60 minutos más. Se añade 5% de grasa PROVOL BA, 5% de Sulphinol HF y 2% de Synthol YY 707 girando en el bombo durante 60 minutos.

Luego se añadió 0.5% de bicarbonato de amonio girando en el bombo durante 5 min, después se aplicó 1% de anilina superficial durante 30 minutos girando en el bombo. Finalmente se añadió dos porciones de ácido fórmico al 1% (diluido 1/10) girando en el bombo durante 15 minutos por cada porción adicionado dejando reposar los cueros bovinos durante 12 horas. Se mide el pH del baño.

**8. Secado, estacado y recortado:** Antes de realizar el proceso de secado se realiza un último lavado de las pieles con 500% de agua a temperatura ambiente dejando girar en el bombo durante 15 minutos. Luego las pieles se dejan perchadas durante 24 horas, se continua con el proceso corte de los bordes sobrantes del cuero y se procede con el estacado con pinzas para eliminar las arrugas en la parte de la flor del cuero.

**9. Operaciones de acabado:** Se realiza principalmente el proceso de prensando y lacado para mejorar la calidad superficial del cuero bovino terminado y aplicar las diferentes pruebas sensoriales.

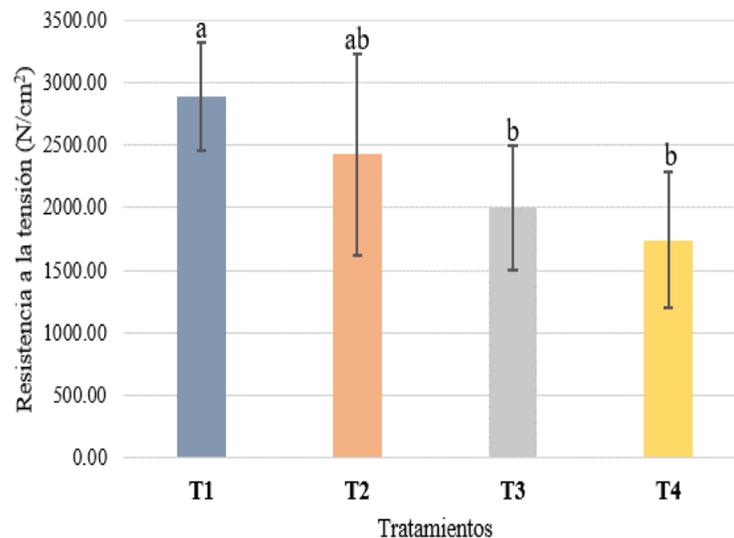
## Resultados

### Análisis de las pruebas físico-mecánicas de los cueros terminados

En los Gráficos 1,2 y 3 se obtienen los resultados de las pruebas físico-mecánicas (resistencia a la tensión, porcentaje de elongación, lastometría y temperatura de contracción), en donde se juzga la calidad del cuero bovino que servirá para la fabricación de productos de marroquinería, entre ellos se encuentra la resistencia a la tensión que pueden soportar los cueros terminados al aplicar distintas fuerzas sobre el mismo. La resistencia es variable porque al analizar los cueros terminados de la parte del cupón presentan una mayor resistencia en cada una de las pruebas.

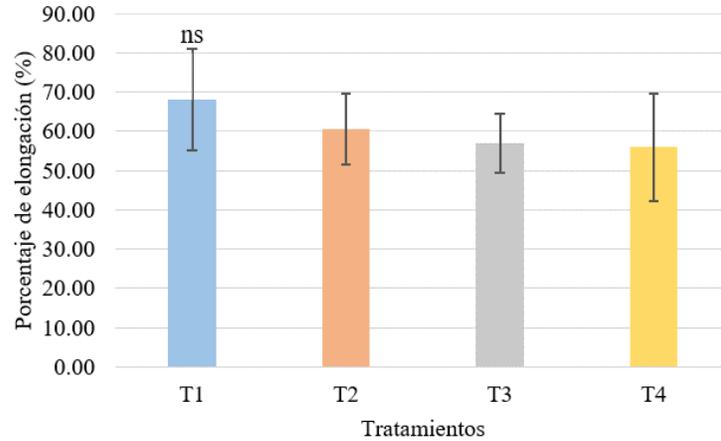
Por otra parte, los resultados en la temperatura de contracción reportan un valor constante en todos los tratamientos aplicados en los cueros bovinos terminados, por lo tanto, no presentan diferencias significativas con respecto a sus medias.

**Gráfico 1:** Resultados de la resistencia a la tensión procedente de los distintos tratamientos utilizados en la curtición. Letras diferentes indican diferencias significativas entre las medias de cada tratamiento y ns: no hay diferencias significativas para un  $\alpha = 0,05$ .



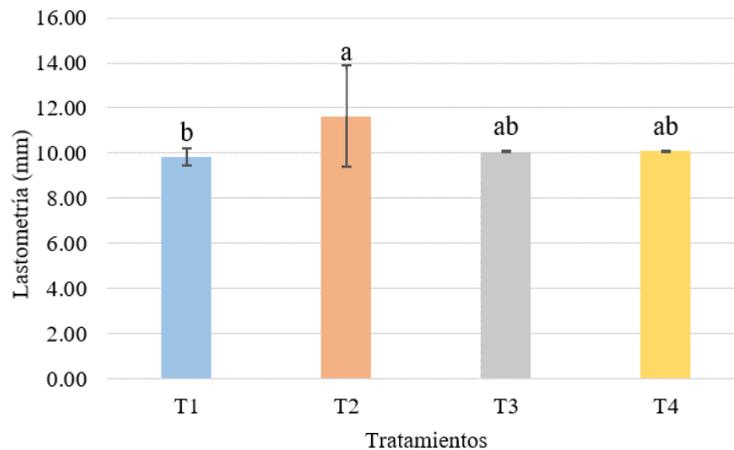
Realizado por: Los Autores, 2019

**Gráfico 2:** Resultados del porcentaje de elongación (%) procedente de los distintos tratamientos utilizados en la curtición. Letras diferentes indican diferencias significativas entre las medias de cada tratamiento y ns: no hay diferencias significativas para un  $\alpha = 0,05$ .



Realizado por: Los Autores, 2019

**Gráfico 3:** Resultados de lastometría procedente de los distintos tratamientos utilizados en la curtición. Letras diferentes indican diferencias significativas entre las medias de cada tratamiento y ns: no hay diferencias significativas para un  $\alpha = 0,05$ .



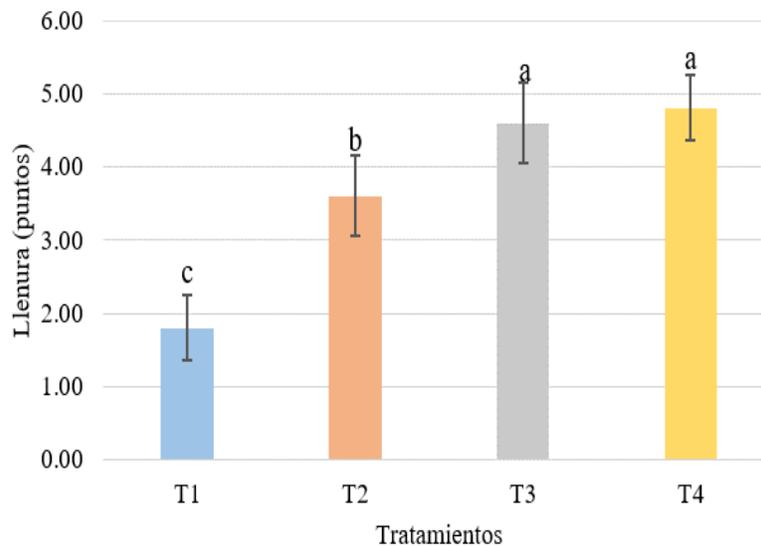
Realizado por: Los Autores, 2019

### Análisis de las pruebas sensoriales de los cueros terminados

Las pruebas sensoriales determinan la calidad superficial del cuero y una correcta evaluación permitirá que los productos obtenidos sean altamente comercializados, ya que, si los resultados son buenos en las pruebas físico-mecánicas, según las investigaciones los cueros tendrán una mejor calidad y presentarán los mejores resultados.

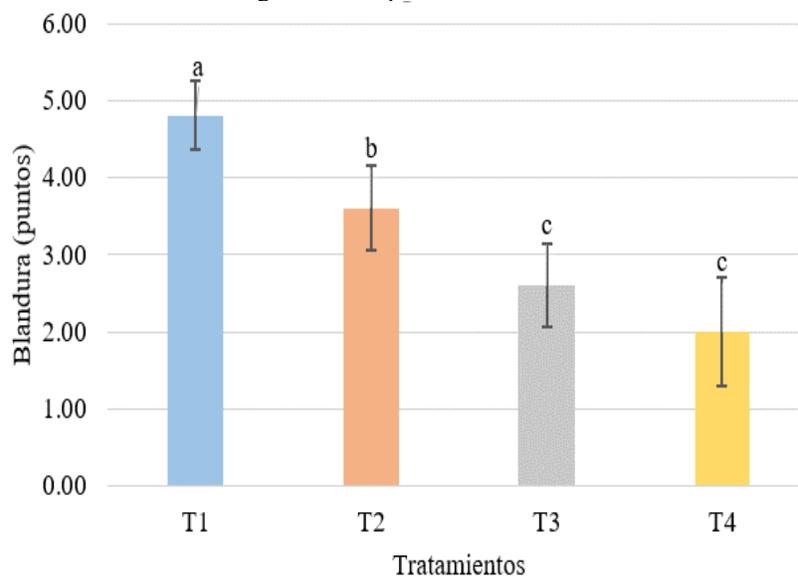
Los resultados de las pruebas sensoriales fueron evaluados bajo una escala de calificación de 1 a 5 puntos siendo 5 el mejor puntaje establecido por Hidalgo (2007)”. Las Gráficas 5, 6 y 7, muestran un resumen de los resultados en las pruebas sensoriales de llenura, blandura y soltura de flor.

**Gráfico 5:** Análisis de llenura procedente de los distintos tratamientos utilizados en el proceso de curtición. Letras diferentes indican diferencias significativas entre las medias de cada tratamiento y ns: no hay diferencias significativas para un  $\alpha = 0,05$ .



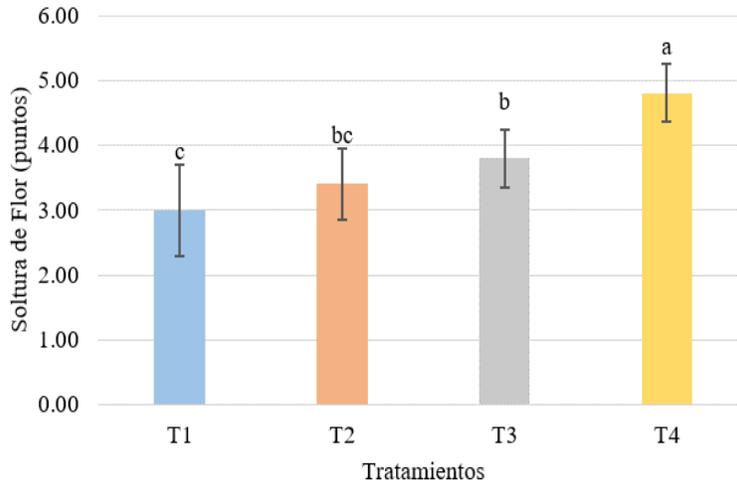
Realizado por: Los Autores, 2019

**Gráfico 6:** Análisis de blandura procedente de los distintos tratamientos utilizados en el proceso de curtición. Letras diferentes indican diferencias significativas entre las medias de cada tratamiento y ns: no hay diferencias significativas para un  $\alpha = 0,05$ .



Realizado por: Los Autores, 2019

**Gráfico 7:** Análisis de soltura de flor procedente de los distintos tratamientos en el proceso de curtición. Letras diferentes indican diferencias significativas entre las medias de cada tratamiento y ns: no hay diferencias significativas para un  $\alpha = 0,05$ .

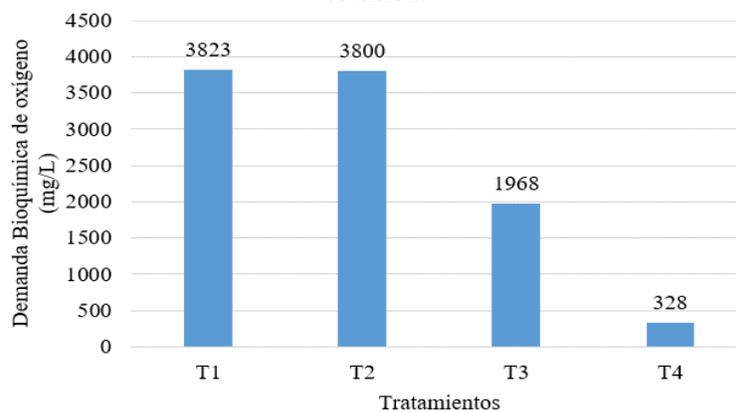


Realizado por: Los Autores, 2019

### Análisis de las aguas residuales de curtición

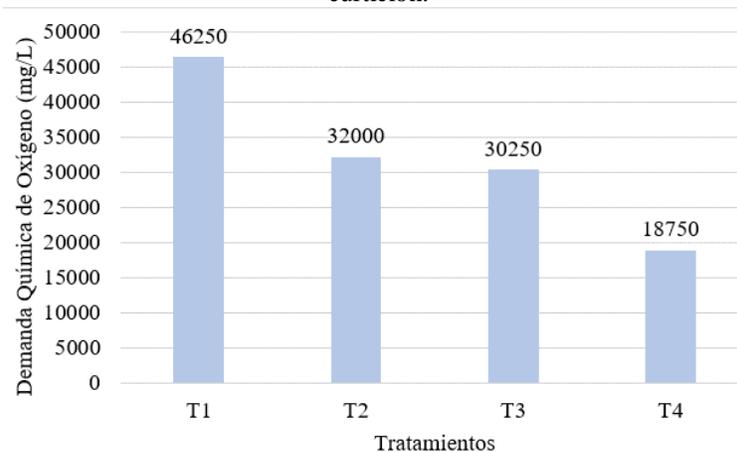
Los análisis de la calidad de las aguas residuales juegan un papel indispensable en las curtiembres, ya que el ambiente se ve afectado por la contaminación de cromo que puede acumularse en el suelo o transformarse en él, por lo que es importante conocer los resultados de parámetros biológicos como el DBO<sub>5</sub> y DQO para realizar el diseño del tratamiento de estas aguas residuales producto del proceso de curtición a Tara (*Caesalpinia spinosa*) en combinación con el ácido húmico. Las Gráficas 8 y 9, muestran los resultados obtenidos de los tratamientos en las pruebas de DBO<sub>5</sub> y DQO procedentes de las aguas residuales de curtición.

**Gráfico 8:** Resultados de la demanda bioquímica de oxígeno procedente de los distintos tratamientos utilizados en la curtición.



Realizado por: Los Autores, 2019

**Gráfico 9:** Resultados de la demanda química de oxígeno procedente de los distintos tratamientos utilizados en la curtición.



Realizado por: Los Autores, 2019

### Evaluación económica de los cueros caprinos terminados

En la presente investigación se determinó los costos de producción de cada uno de los cueros bovinos terminados, que presentan una variabilidad en sus costos por los distintos porcentajes de tara (*Caesalpinia spinosa*) y ácido húmico aplicados en los tratamientos.

La **Tabla 2**, muestra los resultados obtenidos de la evaluación económica del proceso de producción de los cueros bovinos curtidos.

**Tabla 2:** Costos de producción de los cueros bovinos terminados utilizando tara y ácido húmico en el proceso de curtición.

COSTOS	T1	T2	T3	T4
Costo USD/Tratamiento	90.41	85.07	85.32	87.09
Costo USD/Cuero	18.08	17.01	17.06	17.42
Costo USD/dm <sup>2</sup>	0.18	0.17	0.17	0.17

Realizado por: Los Autores, 2019

### Discusión

Una vez evaluada la calidad de los cueros bovinos terminados en la presente investigación, se determinó que con las pruebas físico-mecánicas de resistencia a la tensión y lastometría reportaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), lo que permite interpretar que si existió una relación directa entre los porcentajes aplicados de tara más ácido húmico, mientras tanto para el porcentaje de elongación y la temperatura de contracción ( $p > 0.05$ ) se reportaron que no hubo diferencias

significativas, es decir que los diferentes porcentajes de tara más ácido húmico no influyeron en la curtiembre de cueros bovinos.

Los resultados correspondientes a la resistencia a la tensión se mantienen sobre  $1500 \text{ N/cm}^2$  cumpliendo con las exigencias de calidad de la Asociación Española en la Industria del Cuero quien en la norma técnica IUP 6 (2002), mientras que si no logren cumplir con la normativa los cueros son considerados de baja clasificación y su precio en el mercado es inferior produciendo pérdidas económicas en la curtiembre, el tratamiento que mejor resultado tuvo fue el que contenía 15% Tara + 0% de ácido húmico con un valor de  $2892.92 \text{ N/cm}^2$ , para el porcentaje de elongación todos se encuentran sobre la norma, IUP 6 valor mínimo permisible 40% (Puente, 2018) con un promedio de 68% de todos los tratamientos aplicados; mientras tanto para lastometría los mejores resultados se reportaron con el tratamiento 10% Tara + 5% Acido Húmico con un valor de 9.81 mm. Estos valores obtenidos se pueden comparar con Barzallo, D (2018) donde obtuvo buenos resultados al curtir con 15% de tara + 10 % ácido húmico con resultados superiores a la norma, aplicados en cueros caprinos. Por otro lado, Cachote, V. (2012) obtuvo respuestas de  $1670,60 \text{ N/cm}^2$ , 59.60% para las pruebas de la resistencia a la tensión y porcentaje de elongación respectivamente, cuando curtió las pieles con 2% de glutaraldehído en combinación con mimosa, mientras que Auquilla, M. (2012) obtuvo valores a la resistencia a la tensión iguales a  $1540.93 \text{ N/cm}^2$ , al porcentaje de elongación igual a 88.12% y a lastometría 8.67 mm cuando aplico una curtiembre combinada utilizando 8% de glutaraldehído. Lo que se puede corroborar con lo dicho por Adzet, 2012 que la tendencia natural de las pieles curtidas al vegetal es tener mayor resistencia al desgarro, a la tracción y de la flor que las pieles al cromo.

En la evaluación de las pruebas sensoriales aplicando el estadístico de Kruskal-Wallis y Chi-cuadrado, donde sí  $\text{Kruskal-Wallis} > \text{Chi-cuadrado}$ ; se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa (Montgomery, 2013), estableciendo que existen diferencias estadísticas significativas entre las medias de los distintos tratamientos de curtiembre de tara (Caesalpinia spinosa) en combinación con el ácido húmico, para lo cual la adición de distintos porcentajes de tara más ácido húmico influirá en los resultados de las pruebas sensoriales de llenura, blandura, y soltura de flor, obteniendo valores 4.8 para cada parámetro respectivamente, valor que se considera según el experto aceptable para tener un cuero bovino de calidad. Los valores pueden ser comparados con Viteri, L.C. (2013) que obtuvo resultados iguales a 4.75 y 4.88 para la blandura y

llenura respectivamente, lo que quiere decir que la curtición de tara combinada con ácido húmico mejora notablemente las calificaciones sensoriales.

Con respecto a los análisis efectuados a las aguas residuales del proceso de curtición con porcentajes de tara en combinación de ácido húmico reportan valores superiores por cada tratamiento aplicado. Sin embargo, es importante analizar que los datos obtenidos a pesar que son altos tanto de DBO >100 mg/L y la DQO > 200 mL, solamente contiene materia orgánica que se puede considerar no perjudicial para el medio ambiente, por lo tanto es posible reducir estos valores aplicando un tratamiento de separación de sólidos del agua residual seguido de una coagulación y decantación según Soler, J. (2004) alcanzando porcentajes de eliminación de un 75% de sólidos en suspensión, 37,7% de DQO, 25,9% de DBO y 71,2% de cromo, en ensayos realizados en una columna de sedimentación en 1 hora, mientras que Ates et al. (1997) observaron que con la decantación primaria se lograba eliminar un 73% de los sólidos en suspensión, 51% de la DQO, 64% del cromo, 45% de la DBO y 37% del nitrógeno total. Porcentajes similares de eliminación de cromo (46-72%) fueron observados por Tadesse et al. (2006), se obtienen lodos que se pueden aplicar como compostaje para aumentar su valor nutritivo en las plantas o utilizarlo de manera directa como fertilizante ya que al contener ácido húmico esto permitirá que la planta tenga un buen crecimiento sin tener efectos secundarios.

## Conclusiones

Se desarrolló una curtición orgánica de Tara (*Caesalpinia spinosa*) en los diferentes porcentajes en combinación con el ácido húmico aplicados en cueros bovinos obteniendo buenos resultados en cada una de las pruebas de calidad realizadas para cuero de marroquinería, además que se puede considerar como una curtición alternativa y viable para reemplazar al cromo como agente curtiente. Se caracterizó a través de pruebas físico mecánicas el cuero bovino curtido con diferentes niveles de Tara (*Caesalpinia spinosa*) y ácido húmico determinando la resistencia a la tensión (2892.92 N/cm<sup>2</sup>), porcentaje de elongación (68%) y lastometría (9.81 mm) al curtir con 15% de Tara + 0 % de ácido húmico, obteniendo valores superiores a los límites permisibles para considerar un cuero de buena calidad para marroquinería.

Se evaluó mediante las pruebas sensoriales la calidad de los cueros bovinos al curtir con Tara (*Caesalpinia spinosa*) y ácido húmico reportando valores en cuanto a llenura y soltura de flor de 4.8 puntos respectivamente al curtir con 0% Tara + 15% de ácido húmico, y para blandura corresponde al tratamiento de 15% Tara + 0% de ácido húmico con un valor de 4.8 puntos, considerando que dentro de la escala de calificación los valores cercanos a 5 son cueros “excelentes” para marroquinería.

Se determinó que los principales parámetros biológicos de los efluentes provenientes del proceso de curtición de Tara (*Caesalpinia spinosa*) y ácido húmico se considera el DBO5 y DQO como principales causantes del consumo de oxígeno en el agua para degradar la materia orgánica proveniente del curtido de cueros bovinos. Sin embargo, para descargar este efluente al recurso hídrico o superficial se requiere de tratamientos previos.

Se evaluó los costos de producción de la curtición de cuero bovino para marroquinería con tara y ácido húmico con valores de 0.17 – 0.18 USD / dm<sup>2</sup>, costos que permiten tener una rentabilidad.

## Referencias

1. Abraham, A. (2001). Caprinocultura. México D.F.: Limusa.
2. AL-CE. (2017). Cueros EL AL-CE. Obtenido de Cueros EL AL-CE: <http://cueroselal-ce.com.ec/index.php>
3. AQEIC. (2002). Ponencias de curtiembre y acabado del cuero. Barcelona: CORSEGA. Obtenido de Asociación Química Española de la Industria del cuero.
4. Artigas, M. (1987). Avances en la Curtición de pieles. Manual de Curtiembre.
5. Ates, E., Orhon, D., & Tünay, O. (1997). Characterization of tannery wastewaters for pretreatment selected case studies. *Science Direct*, 217-223.
6. Auquilla, M. A. (2012). Curtición de pieles ovinas con tres niveles de glutaraldehpidos en la obtención de cuero para marroquinería. Riobamba.
7. Bacardit, A. (2004). Diseño de un proceso combinado de curtición. *Química Técnica del Cuero*, 12, 52-69.
8. Baez, A. (2015). Composición de la piel. Obtenido de <http://aromaticforbodyandmind.blogspot.com/2015/04/composicion-de-la-piel.html>
9. Balsse, A. (1975). *Technologie du travail abottoir*. Lyon: C.T.C.
10. Barretto, S. (2006). Diseño de calzado urbano. *Nobuko*, 72-80.

11. Barzallo Granizo, D. (2018). 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. Riobamba.
12. Cachote, V. (2012). ELaboración de cuero plena flor para calzado con la utilización de diferentes niveles de glutaraldehído en la precurtición. Riobamba.
13. Chasiquiza, A. (2019). Comparación de la curtición con extracto de poli fenoles vegetales de Caesalpinia Spinosa con una curtición mineral con sulfato de cromo para pieles caprinas. Riobamba.
14. Chávez Porras, Á. (2010). Descripción de la nocividad del cromo proveniente de la industria curtiembre y de las posibles formas de removerlo. Ingenierías Universidad de Medellín, 41-50.
15. Cordero, B. (2016). Utilización de curtientes vegetales. Cuenca: Tecnologías de la curtición.
16. Córdova Bravao, H. M., Vargas Parker, R., Cesare Coral, M. F., Flores del Pino, L., & Visitación Figueroa, L. (2014). Tratamiento de las aguas residuales del proceso de curtido tradicional y alternativo que utiliza acomplejantes de cromo . Scielo, 183-191.
17. Enciso, J., Flores, I., Noel, M., Quintanilla, F., Ramos, E., & Vargas, M. (2011). Mercado de Comercialización de la Tara. Obtenido de Mercado de Comercialización de la Tara: <https://www.coursehero.com/file/6362719/Investigaci%C3%B3n-La-Tara/>
18. Font, J. (2002). Análisis y ensayos en la industria del curtido. Dialnet, 31-32.
19. Fossum, T. W. (2009). Cirugía en pequeños animales. Madrid: Elsevier Mosby.
20. Frankel, A. (2009). Manual de Tecnología del Cuero. Buenos Aires: Albatros.
21. Gualoto, M., & Vizueta, D. (2016). Implementación de un fulón de curtición de cueros para el estudio del proceso de curtido de pieles de especies menores para el laboratorio de ingeniería agroindustrial de la UNACH. Riobamba.
22. Guaminga, L. (2016). Curtición de pieles de cabra, con el 15% de diferentes curtientes vegetales. Riobamba.
23. Hidalgo , L. C. (2017). Texto básico de curtiembre. Escala de calificaciones de las pieles caprinas. Riobamba.

24. Hidalgo, L. (2013). Curtición de pieles bovinas con la aplicación de extractos tánicos. Curtición de pieles bovinas con la aplicación de extractos tánicos. Riobamba, Chimborazo, Ecuador.
25. Hidalgo, L. C. (2013). Curtición de pieles bovinas con la aplicación del extracto tánico y gálico del guarango caesalpiniaspinosa. Riobamba.
26. Hidalgo, L. C. (2013). Diseño de la etapa de curtición de piel bovina con la utilización del extracto tánico y gálico del guarango caesalpiniaspinosa. Riobamba.
27. Hidalgo, L. C. (2014). Texto básico de curtición de pieles. Riobamba: ESPOCH.
28. Índigo. (2015). Curtición Wet Ehite. Química.
29. Jones, C. (2002). Manual de Curtición Vegetal. Lemin.
30. Martinez, S. Y. (2017). Revisión del estado actual de la industria de las curtiembres en sus procesos y productos: un analisis de su competitividad. Facultad de Ciencias Económicas, 113-124.
31. Maya, J. (2016). Curtición de piel caprina con la utilización de niveles de Tara y un porcentaje fijo de Glutaraldehído para la obtención de cuero para calzado. RIobamba.
32. Montgomery, D. (2013). Diseño y análisis de experimentos . México D.F.: Limusa.
33. Morera Prat, J. M. (2000). Química técnica de curtición. Cataluña: Consorci Escola Tècnica d'Igualada.
34. Morera, J. (2007). Química Técnica de Curtición. Escuela superior de Adobería, 39,100.
35. Morocho, M. (2017). Tratamiento de aguas residuales de una curtiembre en el cantón Cuenca mediante la aplicación dosificada de EMAs (Microorganismos Eficientes Autóctonos). Cuenca.
36. Ollé, L. (2002). Técnicas Especiales del Curtidos . Cataluña: Cetti.
37. Ortiz, N. E. (2013). Recuperación y reutilización de cromo de las aguas residuales del proceso de curtido de curtiembres de San Benito (Bogotá), mediante un proceso sostenible y viable tecnológicamente. Bogota.
38. Puente, C. (2018). Aplicación de un proceso de curtido de pieles bovinas sin cromo utilizando oxazolidina en combinación con Caesalpinia spinosa (tara). Lima.
39. Rodríguez, H. (2017). Influencia de la calidad del agua sobre el proceso de acabado en húmedo del cuero ovino. Riobamba.

40. Santana, M. (2015). Evaluación de un acabado pigmentado con diferentes niveles de compacto poliuretánico en la obtención de cuero para vestimenta. Riobamba.
41. Sela Méndez, C. (2018). Desarrollo de una formulación de curtición vegetal utilizando Caesalpinia Spinosa (tara) en combinación con glutaraldehído en la empresa de curtiembre el AL-CE. Riobamba.
42. Siccha, A., Lock, O., & Molina, M. (1994). Determinación cuantitativa de galactomananos en las gomas de tara, charan y uña de gato por cromatografía de gases. Perú: Sociedad Química del Perú.
43. Silvateam. (2020). Silvateam. Obtenido de Silvateam: <https://www.silvateam.com/es/productos-y-servicios/productos-para-curtiembre/procesos-de-curtido-ecotan/curtici-n-wet-white.html>
44. Soler, J. (2004). Procesos de Curtido. Barcelona: CETI.
45. Tadesse, I., Isoaho, S. A., Green, F. B., & Puhakka, J. A. (2006). Lime enhanced chromium removal in advanced integrated wastewater pond system. *Bioresour Technol*, 529-534.
46. Tegtmeier, D., & Kleban, M. (17 de marzo de 2014). LederPiel. Obtenido de LederPiel: <http://lederpiel.com/investigacion-sobre-cromo-y-cuero/>
47. Vargas, D., Medina, D., & Amurrio Derpic, D. (2017). Alternativa de proceso de curtido con alto agotamiento de Cromo para las curtiembres tradicionales de la ciudad de Cochabamba. *SciELO*, 3-30.
48. Viteri, L. C. (2013). Diseño de la etapa de curtición de piel bovina con la utilización del extracto tánico y gálico del guarango. Riobamba.
49. Viteri, P. (2019). Evaluación de diferente dosis de guarango (*Caesalpinia spinosa* o Kuntz) en el proceso de curtición de pieles caprinas. Riobamba.