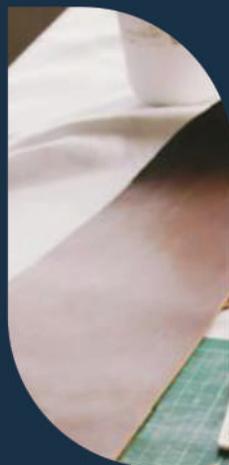
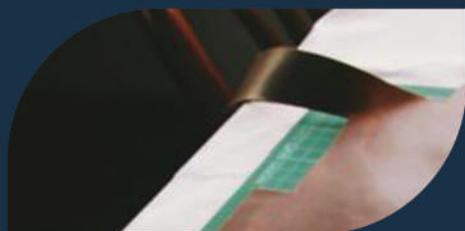


Química técnica de curtiduría orgánica con tara

Luis Eduardo Hidalgo Almeida
Luis Carlos Hidalgo Viteri



ESPOCH
2025

Química técnica de curtiduría orgánica con tara

Química técnica de curtiduría orgánica con tara

Luis Eduardo Hidalgo Almeida
Luis Carlos Hidalgo Viteri



**Decanato
de Publicaciones**



esPOCH

Química técnica de curtiduría orgánica con tara

© 2025 Luis Eduardo Hidalgo Almeida

Luis Carlos Hidalgo Viteri

© 2025 Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

Panamericana Sur, kilómetro 1 ½

Decanato de Publicaciones

Riobamba, Ecuador

Teléfono: 593 (03) 2 998-200

Código Postal: EC0600155

Aval ESPOCH

Este libro se sometió a arbitraje bajo el sistema de doble ciego
(*peer review*)

Corrección y diseño:

La Caracola Editores

Publicado en Ecuador

Prohibida la reproducción de este libro, por cualquier medio,
sin la previa autorización por escrito de los propietarios del
Copyright

CDU: 547

Química técnica de curtiduría orgánica con tara

Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

Decanato de Publicaciones, 2025

xxx pp. vol: 17,6 x 25 cm

ISBN: 978-9942-51-688-6

1. Química Orgánica

ÍNDICE GENERAL

Índice de tablas	8
Índice de figuras	33
Capítulo I: Obertura	11
1. Introducción	11
1.1. Propósitos	19
1.2. Teorías	19
1.3. Artículos sobre curtición vegetal	20
1.3.1. Técnicas innovadoras de curtición vegetal con extracto de <i>Notholithocarpus densiflorus</i> y ablandado con grasa bovina autóctona	20
1.3.2. Extracción fácil y aplicación prospectiva de tanino de <i>Cassia</i> <i>fistula</i> autóctona en la fabricación sostenible de cuero (Tasnim, 2022)	21
1.3.3. Estudio de la estabilidad hidrotérmica del cuero curtido con extractos vegetales mediante un método isométrico	21
1.3.4. Curtición sostenible del cuero con tanino de <i>Pontederia crassipes</i> : una prometedora alternativa ecológica	22
1.3.5. Valorización y utilización ecológica de residuos vegetales como fuente de taninos para la curtición de cuero	22
1.3.6. Curtición del cuero con taninos vegetales como alternativa al cromo	23
Capítulo II: Marco filosófico-teórico	24
2. Principios éticos y epistemológicos	24
2.1. Antecedentes	28
2.2. Principios Teóricos	34
2.2.1. Génesis de la <i>Caesalpinia spinosa</i>	34
2.2.2. Distribución geográfica de la tara	39
2.2.3. Taninos vegetales	44
2.2.4. Estudio químico de los taninos	45
2.2.5. Efecto de la concentración	47

2.2.6. Efecto del pH	48
2.2.7. Efecto de las sales neutras	50
2.2.8. Viscosidad.....	52
2.2.9. Reactividad de los taninos	53
2.2.10. Estudio de la <i>Caesalpinia spinosa</i>	55
2.2.11. Estudio de la <i>Caesalpinia spinosa</i> en el Ecuador	56
2.2.12. Hidrólisis de taninos	57
2.2.13. Características de las pieles	57
2.2.14. Práctica de la curtición vegetal.....	59
2.2.14.1. Curtición mixta tina-bombo.....	60
2.2.14.2. Curtición a bombo	61
2.2.15. Curtición en seco	62
2.2.16. Beneficios ambientales del uso de curtientes vegetales frente al cromo.....	62
2.2.17. Reducción de Metales Pesados en Efluentes	63
2.2.18. Posibilidad de Compostaje de Residuos.....	64
2.2.19. Toxicidad para el trabajador	64
2.2.20. Análisis de ciclo de vida (ACV) e impactos en DDQ, DBO y cromo residual	65
2.2.21. Aplicación en pieles bovinas	66
2.2.22. Aplicación en pieles caprinas y ovinas.....	66
2.2.23. Aplicación en pieles de conejos y cuyes.....	67
Capítulo III. Resultados de laboratorio	68
3. Resultados de laboratorio	68
3.1. Pruebas físicas y sensoriales de los cueros curtidos con diferentes niveles de tara	68
3.1.1. Resistencia a la tensión.....	68
3.1.2. Porcentaje de elongación	70
3.1.3. Lastometría	71
3.1.4. Llenura	73
3.1.5. Blandura.....	75
3.1.6. Redondez	77
3.2. Curtición de piel caprina con la utilización de niveles de tara y un porcentaje fijo de glutaraldehído para la obtención de cuero para calzado	79
3.2.1. Resistencia a la tensión.....	79
3.2.2. Lastometría	81

3.2.3. Temperatura de encogimiento	82
3.2.4. Llenura	84
3.2.5. Blandura	86
3.2.6. Redondez	87
3.3. Aplicación de diferentes niveles de glutaraldehído en combinación con 15% de <i>Caesalpinia spinosa</i> (tara) en la curtición de pieles ovinas	89
3.3.1. Resistencia a la Tensión, N/cm ²	89
3.3.2. Porcentaje de elongación	91
3.3.3. Lastometría	93
3.3.4. Llenura	95
3.3.5. Blandura	97
3.3.6. Curvatura del cuero	98
3.3.7. Colorimetría	100
3.4. Curtición de piel ovina con la utilización de varios niveles de tara (8, 9, 10%) y un porcentaje fijo de glutaraldehído (4%) para la obtención de cuero para vestimenta”	101
3.4.1. Resistencia a la tensión	101
3.4.2. Lastometría	104
3.4.3. Temperatura de contracción	105
3.4.4. Llenura	107
3.4.5. Blandura	109
3.4.6. Redondez	110
3.5. Aplicación de diferentes niveles de glutaraldehído en combinación con 15% de tara en la curtición de pieles caprinas para tapicería automotriz	112
3.5.1. Resistencia a la tensión	112
3.5.2. Porcentaje de elongación	114
3.5.3. Lastometría	115
3.5.4. Llenura	117
3.5.5. Blandura	118
3.5.6. Tacto	120
3.6. Aplicación del Curtiente Vegetal a Nivel Experimental	121
3.6.1. Objetivos del Experimento	121
3.6.2. Materiales y Reactivos	122
3.6.3. Equipos, Instrumentos y Normas Aplicables	123
3.6.4. Condiciones Generales de Laboratorio	124
3.6.5. Procedimiento Experimental de Curtido Vegetal	125

3.6.6. Métodos de Medición Físico-Mecánica.....	128
3.6.7. Registro de Datos y Plantillas de Control.....	129
3.6.8. Condiciones Adicionales de Curtido y Ajustes Químicos	130
3.6.9. Notas sobre Acondicionamiento Previo y Post-Curtido	131
3.6.10. Control de Calidad y Validación de Resultados.....	132
3.6.11. Registro Fotográfico y Documentación de Muestras.....	133
3.6.12. Seguridad y Manejo de Residuos	134
Capítulo IV: Producción limpia	136
4. Plan de negocio y manejo de los impactos ambientales	136
4.1. Necesidades del Mercado	136
4.2. Análisis de la matriz FODA.....	139
4.3. Impactos ambientales	140
4.4. Balance de masas del sistema de curtición con la utilización de tara ...	140
4.5. Análisis del agua residual	146
4.5.1. Determinación del caudal a tratar	146
4.5.2. Caracterización del agua residual a tratar (antes) en el ciclo de curtido con <i>Caesalpinia spinosa</i> (tara) con sistemas de jaras.....	146
4.5.3. Resultados de las pruebas de Jarras	148
4.5.4. Límite permisible de descarga al sistema de alcantarillado público en curtiembres para curtido vegetal	149
4.6. Dimensionamiento del sistema de tratamiento de agua residual de proceso de curtido con productos vegetales	151
4.7. Resultado de las cargas contaminantes después del tratamiento, como el límite permisible de descarga al sistema de alcantarillado público.....	157
4.8. Comparación del análisis del agua antes y después del tratamiento primario	158
4.8.1. Demanda Bioquímica De Oxígeno (DBO5).....	158
4.8.2. Demanda Química De Oxígeno (DQO)	158
4.8.3. pH	159
4.8.4. Nitratos	160
Capítulo V: Bibliografía.....	161
Capítulo VI. Bitácoras del proceso de producción	170
5. Bitacoras de procesos de produccion de curtición orgánica	170

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Características de la <i>Caesalpinia spinosa</i>	35
Tabla 2: Zonas de vida del tara (tara).....	38
Tabla 3: Distribución de poblaciones de <i>Caesalpinia spinosa</i> en el Ecuador ...	40
Tabla 4: Número de uniones éster en una molécula de tanino.....	45
Tabla 5: Evaluación de las calificaciones sensoriales de los cueros ovinos curtidos con curtientes de diferente naturaleza.....	69
Tabla 6: Evaluación de las calificaciones sensoriales de los cueros ovinos curtidos con curtientes de diferente naturaleza	74
Tabla 7: Evaluación de las resistencias físicas de las pieles caprinas curtidas con diferentes niveles de tara para la obtención de cuero para calzado.....	80
Tabla 8: Evaluación de las características sensoriales de las pieles caprinas por efecto de la utilización de diferentes niveles de tara y un porcentaje fijo de glutaraldehído para la obtención de cuero para calzado.....	85
Tabla 9: Evaluación estadísticas de las resistencias físicas de las pieles ovinas curtidas con diferentes niveles de glutaraldehído en combinación con 15% de <i>Caesalpinia spinosa</i> (tara)	90
Tabla 10: Evaluación de las características sensoriales de las pieles ovinas curtidas con diferentes niveles de glutaraldehído en combinación con 15% de tara.....	95
Tabla 11: Evaluación de las resistencias físicas del cuero ovino curtido con diferentes niveles de tara más un 4% de glutaraldehído, para cuero de vestimenta.....	102
Tabla 12: Evaluación de las calificaciones sensoriales del cuero ovino curtido con diferentes niveles de tara en combinación con 4 % de glutaraldehído.	108
Tabla 13: Evaluación de las resistencias físicas del cuero caprino curtido con diferentes niveles de glutaraldehído, en combinación con tara, para tapicería de automóvil.....	113

Tabla 14: Evaluación de la Calificación sensorial del cuero caprino curtido con diferentes niveles de glutaraldehído, en combinación con 15 % de tara para tapicería de automóvil	117
Tabla 15: Matriz FODA	139
Tabla 16: Peso total de las pieles caprinas utilizadas.....	142
Tabla 17: Flujo de entrada y salida de la materia prima, insumos productos y residuos.	144
Tabla 18: Flujo proyectado de entrada y salida de la materia prima, insumos, producto y residuos para un proceso de 100 pieles.	145
Tabla 19: Resultado de la caracterización realizada a las muestras de agua residual procedente de la eliminación del baño de curtición con <i>Caesalpinia spinosa</i> (tara).	147
Tabla 20: Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.	149
Tabla 21: Resultados del cálculo del ancho del canal.....	151
Tabla 22: Detalle de las rejillas para el cribado.	152
Tabla 23: Cálculos para determinar la velocidad de sedimentación.	153
Tabla 24: Cálculos para determinar el Número de Reynolds y el Coeficiente de Arrastre.....	154
Tabla 25: Resultados de la Velocidad de Sedimentación y del Área Superficial del Desarenador.....	154
Tabla 26: Recomendaciones de diseño establecidas por la Organización Panamericana de la Salud (2005).....	155
Tabla 27: Cálculo del Área del Sedimentador.....	155
Tabla 28: Largo y Ancho preliminares del Sedimentador.....	156
Tabla 29: Cálculo del Tiempo de Retención	156
Tabla 30: Cargas contaminantes después del tratamiento, como el límite permisible de descarga al sistema de alcantarillado público	157
Tabla 31: Comparación del análisis del agua antes y después del tratamiento primario.....	159

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Árbol y fruto de <i>Caesalpinia spinosa</i>	36
Figura 2. Fotografía de las inflorescencias y frutos de la <i>Caesalpinia spinosa</i> (tara).....	37
Figura 3. Ejemplos de los taninos gálicos son los extractos de zumaque, <i>Caesalpinia spinosa</i> y agallas.....	45
Figura 4. Representación gráfica de los ácidos hexahidroidifénico y elágico. .	46
Figura 5. Representación gráfica del proceso de condensación de los taninos. .	46
Figura 6. Porcentaje de Sedimento, según la variación de la concentración.	47
Figura 7. Peso de las partículas, según la variación porcentual de la concentración.	48
Figura 8. Masa de tanino por 100 g de colágeno, con variación del Ph	49
Figura 9. Peso de las partículas, según variación del Ph	49
Figura 10. Peso de las partículas, según variación de la concentración salina ..	50
Figura 11. Porcentaje de Extracto precipitado, según variación de la concentración salina de NaCl. Solución al 2%.	51
Figura 12. Porcentaje de Extracto precipitado, según variación de la concentración salina de NaCl. Solución al 6%.	51
Figura 13. Variación de la viscosidad para diferentes especies vegetales	52
Figura 14. Formación de los enlaces transversales, a través de los puentes de hidrógeno.	53
Figura 15. Flujograma del proceso de curtición con cromo.	59
Figura 16: Representación esquemática del balance de masa durante el proceso de curtición	141
Figura 17. Representación esquemática del balance de masa durante el proceso de curtición, según valores calculados.	145

CAPÍTULO I: OBERTURA

1. INTRODUCCIÓN

El descubrimiento de las posibilidades aplicables de la piel de los animales que servían de sustento para su alimentación está vinculado a la historia de la humanidad. Según hallazgos, los humanos ya utilizaban pieles y cueros de animales en la época prehistórica para fines prácticos y culturales; así como, para adornos y vestimentas. El cuero es el primer material procesado por el ser humano desde tiempos remotos y ha evolucionado de acuerdo con las necesidades del hombre hasta los tiempos actuales. Hoy en día, el cuero tiene una doble función, incorporando la combinación de atributos modernos y estéticos para satisfacer las necesidades básicas de protección del hombre frente al medio ambiente, lo que se puede ver en los distintos artículos confeccionados como calzado, vestimenta, sombreros, tapicería, marroquinería, entre otros. La misma naturaleza del cuero, suavidad, flexibilidad y fuerza, han sido factores de fascinación única y popularidad indiscutible (Castro, 2021).

La enorme versatilidad del cuero, tan llena de posibilidades extremas, destaca de la riqueza de posibilidades que presenta como materia prima. El cuero tiene una amplia gama de usos, desde aplicaciones tan básicas como vestirse y protegerse en sociedades primitivas hasta objetos lujosos y suntuosos muy de moda en sociedades modernas. La polaridad también se evidencia en la variedad de valoraciones económicas, las cuales varían notablemente: Siendo un material barato y accesible en ciertas culturas rurales con gran cantidad de ganado; mientras que, está presente en objetos exclusivos y costosos en ciertos nichos urbanos y globales. Esto ayuda a comprender el uso del cuero en productos fabricados en empleo de su función principal o secundaria; así como, de cómo, cuándo y dónde se ubican en la cultura y el mercado (Costa, 2022).

En Ecuador, la utilización de pieles se remonta a la época precolombina, cuando los indígenas las empleaban para protegerse durante las guerras tribales y

para vestir y usar calzado. En la época incaica, se mejoró la técnica de conservación de pieles y se incorporaron otros propósitos culturales, como la creación de “Quipus”, que simbolizan la escritura incaica a través de nudos en cuerdas curtidadas de cuero. Posteriormente, hasta los años sesenta del siglo 20, el crecimiento del sector curtidor en el marco de una economía interna de mercado consolida un nivel artesanal, lo que contrasta con el crecimiento de ciudades como Quito, Guayaquil, Cuenca, Ambato, etc. No obstante, a pesar de su larga historia, esta actividad no ha avanzado hacia la modernidad y sigue siendo artesanal y familiar, donde cada uno de los miembros de una familia, ayudados ocasionalmente por los trabajadores, se encarga del proceso completo de elaboración de transformación de piel a cuero, trabajando en talleres artesanales o fábricas con mediana tecnología (Bacardit, 2022).

Según el Ministerio de Agricultura y Ganadería de Ecuador (2023), se procesan 932.000 pieles de ganado a nivel nacional. 543.000 de ellos son atendidos por la Asociación Nacional de Curtidores, mientras que 60.000 son destinados a la producción de gelatina y el resto es tratado por curtidores no asociados. Además, si hay una población de 153.000 cabras que se crían para la industria cárnica y la industria láctea, las cabras se faenan al final de su vida productiva y sus pieles se utilizan para la industria del curtido.

Siempre se ha considerado que la industria de la curtición de pieles es altamente contaminante desde un punto de vista ambiental, sin tener en cuenta que utiliza un subproducto altamente putrescible y de biodegradación lenta. Es verdad que el proceso de curtido produce una gran cantidad de contaminantes. El curtido consiste en estabilizar el colágeno de la piel mediante agentes curtientes minerales o vegetales, lo que lleva a la transformación de la piel en cuero. El proceso de curtición con cromo es el más empleado. El 90% de la producción mundial de cueros se basa en el curtido de pieles con curtiente mineral cromo. Además, de estas afirmaciones es importante destacar las condiciones fundamentales que representan el proceso de curación mineral (Gomez, 2023).

Debido a esta ventaja, este método tiene una calidad constante y uniforme de alto nivel y es muy difícil perder su liderazgo. Se le conoce también como “cuero húmedo azul” y, en este punto, se puede guardar sin que se putrefacte. Para que el curtido penetre bien a la piel en este método, los ácidos y las bases son cruciales para nivelar el pH, la acidez o alcalinidad y su solubilidad (Bello, 2022).

El proceso de curtir con aluminio es muy antiguo. Las curticiones de aluminio, que tienen la ventaja de ser incoloras, se utilizan aún en la producción de pieles de peletería, las pieles curtidas con mineral aluminio, las rebajaduras tienen un color blanco, opaco y un tacto suave, la curtición al azufre no es realmente una curtición, sino una aplicación en la piel de productos que impregnan y mantienen el cuero. Este sistema permite depositar azufre coloidal entre las fibras del cuero, dándole características distintivas en cuanto a su elasticidad y resistencia. Este proceso produce una gran cantidad de azufre coloidal como resultado de la acidificación del hiposulfito de sodio durante el piquelado (Sancho, 2023).

El balance que surge al considerar que parte de la piel vacuna se transforma en cuero y cuanto aparece como restos es elocuente. En promedio, por cada 1000 kg de piel en estado salado se obtienen 260 kg de cuero (200 kg de cuero plena flor y 60 kg de descarnes); y se generan 230 kg de desechos curtidos al cromo (virutas 100 kg, descarnes de desecho 110 kg y recortes 20 kg), entre otros desechos sólidos. Los desechos se consideran productos contaminantes. Los desechos son reciclables o reutilizables. El agua residual generada durante el proceso de curtición con cromo no se recupera. Este efluente tiene una concentración de cromo de entre 3 y 10 g/L, lo que indica una alta contaminación.

El uso de cromo en el proceso de curtición ocurre en alrededor del 90% de las industrias curtidoras, lo que resulta en intoxicaciones laborales que incluyen lesiones renales, gastrointestinales, hepáticas, trastornos de la glándula tiroides y la médula ósea. Su eliminación corporal es muy lenta. Los productos de residuo, como recortes y virutas, generalmente presentan un gran problema de eliminación. La eliminación de desechos que contienen cromo se hace cada vez más problemática en algunos países restringidos por leyes ecológicas y que aumentarán en el futuro (Schorlemmer, 2022).

En cuanto a la toxicidad, el cromo trivalente (Cr^{3+}) tiene efectos menos tóxicos que el cromo hexavalente (Cr^{6+}), que se considera cancerígeno y puede causar síntomas agudos y crónicos en aquellos que han estado en contacto directo. Se puede oxidar el cromo trivalente (Cr^{3+}) a la forma hexavalente en un pH entre 5,5 y 6, con respecto a sus efectos en el medio ambiente acuático. También se encontró que el cromo se acumula en muchas especies acuáticas, especialmente en los peces que se alimentan en las profundidades, como *Ictalurus nebulosus* (bagre), en los bivalvos, como *Crassostrea virginica* (ostra), *Mytilus edulis* (mejillón azul) y la almeja de caparazón blando. El impacto ambiental diciendo que

la industria del cuero tiene un gran impacto debido a las características de los efluentes que elimina. Por lo tanto, se están haciendo esfuerzos para desarrollar insumos curtientes ecológicos para proponer productos menos agresivos. Este enfoque implica cambiar la comprensión de la utilización y preservación de los recursos naturales, corregir acciones de gestión productiva que carecen de control y promover la inversión y reconversión tecnológica (Rivera, 2018).

El cromo, un metal pesado que se acumula en el suelo, tiene características que lo hacen perjudicial para la vida. Los animales y los humanos están expuestos al cromo de tres maneras diferentes: inhalación, a través de la piel o ingestión. La toxicidad sistemática causada por el cromo se debe principalmente a los derivados hexavalentes; los cuales, en contraste con los trivalentes, tienen una mayor facilidad para ingresar al cuerpo por cualquier vía. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, también se han registrado peligros significativos relacionados con el cromo trivalente (Flores, 2019).

El cromo es una sustancia muy utilizada en la metalurgia debido a su capacidad catalizadora para la síntesis de amoníaco, su uso en la fabricación de aceros al cromo e inoxidable, su uso en aleaciones con cromo y su uso en el cromado galvánico de varios artículos industriales y ornamentales. Los complejos orgánicos se utilizan como colorantes de relevancia, mientras que los compuestos inorgánicos del cromo se utilizan como pigmentos para pinturas. Las ventas de Cr+6 se utilizan con frecuencia para preservar la madera y cortar el cuero (Zambrano, 2019).

Varios minerales de cromo se pueden encontrar en la naturaleza. La cromita (también conocida como pirita crómica o cromoferrita) es el mineral de cromo más importante. El cromo puro se puede obtener mediante la reducción del óxido de Cr+3 con aluminio que actúa junto con el calor (procedimiento de aluminio térmico), mediante electrólisis (se usa una corriente eléctrica para reducirlo) o mediante la sal conocida como yoduro crómico. Las emisiones industriales son la principal fuente de los niveles ambientales de cromo. Las emisiones de origen industrial superan las 100.000 toneladas anuales; mientras que, las emisiones naturales alcanzan las 58.000 toneladas anuales. Se puede afirmar que los compuestos de Cr+3 tienen una gran estabilidad en cuanto al comportamiento del cromo en la atmósfera, en contraste con los compuestos de Cr+6. El cambio del cromo como curtiente por insumos ecológicos de origen orgánico garantiza el menor impacto ambiental, mantiene la calidad del producto final con menos costos de

tratamiento de efluentes residuales y sigue las tendencias de moda, es una forma de lograr la meta de no contaminar el medio ambiente en las industrias del cuero (Provencio, 2023).

Según el análisis del problema del curtir con cromo, la creciente preocupación de la sociedad por el cuidado del medio ambiente obliga a las organizaciones, independientemente de su naturaleza, a asegurarse de que sus actividades se realicen en armonía con el medio ambiente de manera que las consecuencias de los procesos y productos relacionados con ellos sean cada vez menores. El sector de tenería no es ajeno a esta realidad; y, dado que sus actividades están relacionadas con el medio ambiente y el uso de recursos naturales, es esencial que, sin importar el tamaño de la industria, busque reducir el impacto negativo de sus procesos productivos en el medio ambiente (Perez, 2022).

Mientras tanto, la industria curtidora ha comenzado a incorporar los aspectos ambientales en sus estrategias de producción para aumentar la productividad. En este sentido, la disminución de los efectos negativos ambientales también tiene beneficios para su competitividad en algunos índices, como la disminución de los costos de producción y la mejora de la imagen institucional en la sociedad. Por lo tanto, la ordenación del medio ambiente se está convirtiendo en una de las prioridades más importantes de cualquier tipo de organización y se está convirtiendo en un factor crucial para el desarrollo sostenible.

En la industria del cuero, la aplicación de *Caesalpinia spinosa* se ha llevado a cabo generalmente de forma artesanal, sin realizar un estudio exhaustivo del sistema de uso en las condiciones del proceso de curtido y de las variables involucradas. Como resultado, el rendimiento y la calidad del producto obtenido son insatisfactorios, y se desperdician materias primas, insumos y recursos energéticos (Faccini, 2022).

El cuero de alta calidad obtenido artesanalmente a partir de la harina de *Caesalpinia spinosa* es de alta calidad y, al maximizar el proceso de curtido y con la técnica adecuada, se puede utilizar en forma industrial. Esto da como resultado una materia prima de alta calidad para la fabricación de varios artículos que tienen las características necesarias para ingresar tanto en mercados nacionales como internacionales, donde la demanda de calidad y volumen está aumentando. El cuero de alta calidad obtenido artesanalmente a partir de la harina de *Caesalpinia spinosa* es de alta calidad y, al maximizar el proceso de curtido y con la téc-

nica adecuada, se puede utilizar en forma industrial. Esto da como resultado una materia prima de alta calidad para la fabricación de varios artículos que poseen las características necesarias para ingresar tanto en mercados nacionales como internacionales, donde la demanda de calidad y volumen está aumentando. de la piel curtida con varios niveles de *Caesalpinia spinosa* (Auquilla, 2012).

La creación de un método práctico y beneficioso para la curtición con los extractos tánicos y gálicos de *Caesalpinia spinosa*. (El curtiente de origen orgánico no tiene un impacto negativo en el medio ambiente y, en lugar de usar cromo como agente curtiente, reduce significativamente la contaminación generada por esta industria. Se considera una de las prácticas de producción más perjudiciales para el medio ambiente y para la salud de las personas que se encuentran expuestas a los desechos y vertidos producidos (Font, 2019).

Crear un modelo sistemático del procedimiento técnico para introducir los extractos taninos y gálicos de *Caesalpinia spinosa* durante el proceso de curtición, controlando las condiciones de operación y reduciendo el impacto de los factores negativos que afectan el proceso. El enfoque es aumentar la productividad, reducir los costos de producción, obtener ganancias, reducir el impacto ambiental y garantizar la calidad del producto final (Chávez, 2015).

Existen cada vez más ideas y tecnologías empleadas para convertir el cuero plano en el producto deseado, incluidas las técnicas tradicionales y modernas. El tara, también conocido como tara en Perú, es una alternativa para los proyectos de reforestación productiva y agroindustrial, ya que sus frutos contienen taninos, gomas e hidrocoloides, así como otras sustancias industriales que son demandadas en los mercados nacionales e internacionales. Gracias a su naturaleza de leguminosa, el tara contribuye al enriquecimiento del suelo al absorber el nitrógeno atmosférico y, debido a sus características agronómicas, actúa como una cubierta vegetal y una protección contra la erosión del suelo donde se cultiva (Arcos, 2023).

Las comunidades rurales o urbano-marginales no valoran ni aceptan la reforestación con plantas nativas como medio de protección del suelo. Por lo tanto, el tara se presenta como una de las opciones de plantaciones comerciales más importantes para los valles bajos de la Sierra ecuatoriana. Este estudio responde a la creciente necesidad de encontrar soluciones productivas en Ecuador. Debido a que la comercialización de sus productos requiere, necesariamente, una indus-

trialización previa, las especies nativas como el tara permiten establecer cadenas agroindustriales promisorias. También ayuda a generar empleos, lo que reduce la migración de la población rural hacia las zonas urbanas. Este estudio también tiene como objetivo proporcionar soluciones a la industria alimentaria que se enfrentan al desafío de producir industrialmente alimentos duraderos que no pierdan su valor nutricional ni sus características organolépticas (Martinez, 2023).

Según la encuesta realizada en 2023 por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), en todo el país hay 112.331 animales de ganado caprino, siendo 93.551 en la región sierra y 75.107 en la provincia de Loja en el sur andino. El municipio de Zapotillo, situado en la frontera con Perú, es el principal productor de estos animales en esta región. El 40% de las 12.312 personas que viven en esa zona se dedican a esta crianza. El resto trabaja en agricultura y turismo. La economía de esta región fronteriza, ubicada a 240 km de la ciudad de Loja, depende de la gran producción de chivos y cabras. Alrededor de 350 mil pieles y cueros se producen anualmente en Ecuador. Una gran parte de la demanda se enfoca en el mercado interno de calzado, marroquinería y confecciones, mientras que una gran parte de la fabricación de pieles y cuero se exporta (INEC, 2023).

La industria del curtido de pieles ha sido siempre considerada como una actividad sucia y contaminante, principalmente debido a los vertidos de agua que conlleva y que históricamente han acabado en los cauces de los ríos. Sin embargo, según esta fuente, en los últimos diez o veinte años, la implementación de nuevas tecnologías, que son mucho más limpias, y la implementación de sistemas de recuperación y reciclaje de subproductos ha cambiado lentamente esta imagen desfavorable. La utilización de tecnologías que disminuyen la contaminación ahorra agua, reciclan subproductos y mejoran la calidad final del producto demuestra lo mencionado anteriormente. En todo este proceso se utilizan sistemáticamente sustancias como cal, carbonato sódico, cloruro sódico, sulfuro sódico, ácido sulfúrico, sulfato amónico, sulfato de cromo, grasas, alcohol, aceites y tintes, que en mayor o menor medida se agregan a las aguas residuales (Martinez, 2023).

En todo este proceso se utilizan sistemáticamente sustancias como cal, carbonato sódico, cloruro sódico, sulfuro sódico, ácido sulfúrico, sulfato amónico, sulfato de cromo, grasas, alcohol, aceites y tintes, que en mayor o menor medida se incorporan a las aguas residuales. Los contaminantes que se liberan durante estos procesos son muy diversos, incluyendo sales, cabello, queratina, restos de

carne, estiércol y tierra de pieles sucias, materia orgánica disuelta de grasas, piel y proteínas de animales, así como restos de productos como curtientes, sintéticos, grasas y colorantes utilizados en el curtido, además de sales minerales utilizados en la conservación y el curtido. Se puede resumir la justificación o beneficio práctico de la investigación en la siguiente forma (Hinostrosa, 2023):

- Debido a que el cuero es un material importante en la moda actual tanto en la zapatería, la marroquinería, la tapicería y la vestimenta, es necesario mantener actualizados los procesos de producción para obtener nuevas tecnologías que mejoren las características del producto final utilizando insumos amigables con el medio ambiente (Hinostrosa, 2023).
- El presente estudio propone un nuevo modelo para el proceso de elaboración del cuero. Se propone agregar extractos tánicos y gálicos de la harina de *Caesalpinia spinosa* durante la etapa de curtición y reemplazar el uso tradicional del cromo como curtiente. Se destacan los beneficios tanto tecnológicos como ambientales que se obtienen con la implementación de esta propuesta, ya que el creciente reconocimiento de las diversas propiedades de la especie ha llevado a la aplicación (Hinostrosa, 2023).
- La utilización de insumos ecológicos para la curación de pieles, además de inferir en los procesos de producción de la industria del cuero, también implicará la siembra de *Caesalpinia spinosa* en las regiones andinas. Esto es crucial ya que reduce la desertificación del suelo, fija el nitrógeno y retiene el agua. El cultivo de este árbol se fomenta al ser un recurso ecológico, lo que permite a los agricultores decidir explotarlo, fomentar la reforestación con esta especie nativa del alto páramo andino y fomentar una cultura de respeto al medio ambiente mediante la plantación y explotación de *Caesalpinia spinosa* (Hinostrosa, 2023).
- La cría con tanino de Tara o Tara permite obtener ganancias probadas que justifican los gastos de producción de cuero y un margen de rentabilidad muy interesante. Esto se demuestra en el plan de negocios propuesto en la investigación para la plantación y explotación de *Caesalpinia spinosa*. El valor práctico de la actual es evidente, ya que el uso de los extractos de la *Caesalpinia spinosa* contribuye directamente a la investigación de una tecnología de curtición del cuero más respetuosa con el medio ambiente

y menos dañina para los trabajadores involucrados. Además, se evidencia como una opción muy beneficiosa para los objetivos de reforestación de las zonas andinas (Hinostrosa, 2023).

1.1. Propósitos

- Crear un método para utilizar la *Caesalpinia spinosa* (tara) como un ingrediente ecológico en el proceso de curtición de pieles, reemplazando al cromo y mejorando las condiciones de esta industria en Ecuador.
- Examinar las propiedades de la harina de *Caesalpinia spinosa* (tara) durante el proceso de curtición de la piel.
- Evaluar si la piel curtida con *Caesalpinia spinosa*, también conocida como Tara, cumple con las características físicas y sensoriales de un cuero de alta calidad.
- Definir una propuesta de factibilidad económica y productiva para una planta piloto de fabricación de pieles curtidas con *Caesalpinia spinosa* (tara) para obtener un producto final amigable con el medio ambiente, de excelente calidad y competitivo frente a los cueros producidos en forma contaminante con cromo.

1.2. Teorías

- La creación de un método para utilizar la *Caesalpinia spinosa* (tara) como un ingrediente ecológico en el proceso de curtición de pieles podría reemplazar adecuadamente el cromo.
- El proceso de curtición de las pieles se garantizará por el contenido en taninos de la harina de *Caesalpinia spinosa* utilizada.

- La piel curtida con *Caesalpinia spinosa* se ajustará perfectamente a las características físicas y sensoriales de un cuero de alta calidad.
- Una planta piloto de fabricación de pieles curtidas con *Caesalpinia spinosa* (tara), que sea amigable con el medio ambiente y a la vez competitiva con otras plantas, es una propuesta viable, económica y productiva.

1.3. Artículos sobre curtición vegetal

La curtición vegetal, basada en el empleo de taninos extraídos de fuentes como tara, quebracho y mimosa, ha despertado un creciente interés por sus ventajas medioambientales y su capacidad para producir cueros con propiedades mecánicas y estéticas sobresalientes. Los estudios científicos han profundizado en la optimización de procesos incluyendo parámetros de concentración, temperatura y tiempo de exposición—y en la validación mediante normas ISO. En comparación con el curtido tradicional con sales de cromo, este enfoque reduce significativamente la presencia de metales pesados en los efluentes, disminuye la huella de carbono y promueve la economía circular. No obstante, su aplicación industrial aún enfrenta desafíos técnicos, tales como prolongados tiempos de curtido, control de la uniformidad cromática y eficiencia de fijación de taninos en combinación con agentes sintéticos (Escoto, 2019). A continuación, se presentan los trabajos más relevantes en este campo:

1.3.1. Técnicas innovadoras de curtición vegetal con extracto de *Notholithocarpus densiflorus* y ablandado con grasa bovina autóctona

(Hussein, 2021), propone una técnica innovadora de curtición vegetal que combina extractos de *Notholithocarpus densiflorus* (tanino de la corteza de tanoak) con grasa bovina autóctona como agente de ablandado (“*fatliquoring*”).

Obtuvieron un contenido máximo de taninos del 34,25 % en la corteza y del 28,5 % en la madera, y caracterizaron los extractos mediante espectroscopía UV-Visible, FTIR y HPLC. El cuero curtido alcanzó una temperatura de contracción de 95 ± 2 °C y mostró propiedades mecánicas (resistencia a la tracción, al desgarre y al plegado) comparables al cuero curtido al cromo, pero con baja humectabilidad (ángulo de contacto $> 100^\circ$), lo que indica excelente resistencia al agua y un potencial sustituto sostenible del curtido al cromo.

1.3.2. Extracción fácil y aplicación prospectiva de tanino de *Cassia fistula* autóctona en la fabricación sostenible de cuero (Tasnim, 2022)

(Tasnim, 2022) investigó la eficiencia de extracción de taninos de la corteza de *Cassia fistula* usando agua, metanol y etanol, encontrando que el etanol proporcionó un rendimiento de $21,4 \% \pm 0,61$ %. Caracterizaron el extracto por FTIR, UV-Vis y HPLC inversa, identificando altos contenidos de ácido gálico (114,29 mg/100 g) y rutina (45,71 mg/100 g). Prepararon cueros totalmente vegetales, semicromados y cromados; el cuero totalmente vegetal alcanzó una temperatura de contracción de $85,77 \pm 1,83$ °C y cumplió con los estándares de la UNIDO en resistencia a la tracción, al desgarre y al plegado, demostrando que este tanino es un sustituto renovable viable para el sulfato de cromo.

1.3.3. Estudio de la estabilidad hidrotermal del cuero curtido con extractos vegetales mediante un método isométrico

(Bernat, 2023) validó un método isométrico recientemente desarrollado para evaluar la resistencia a la desnaturalización térmica de cueros curtidos con taninos vegetales. Publicado en *Thermochimica Acta*, mostraron que los cueros curtidos vegetalmente mantienen una estabilidad hidrotermal adecuada, cuantifica-

da mediante parámetros calorimétricos y métodos isométricos. Estos resultados ofrecen una herramienta fiable para comparar la estabilidad térmica de diversos procesos de curtición vegetal y optimizar su aplicación industrial.

1.3.4. Curtición sostenible del cuero con tanino de *Pontederia crassipes*: una prometedora alternativa ecológica

(Mustafa, 2023), exploró la extracción de taninos de *Pontederia crassipes* con agua, acetona, metanol y etanol, hallando que el metanol fue el solvente más eficaz con un rendimiento del 26,34 %. El extracto contenía 152,25 mg/g de taninos totales (epicatequina, catequina y catecol) y mostró actividad antimicrobiana. El cuero curtido con este tanino presentó una temperatura de contracción de 83,31 °C, resistencia a la tracción de 286,33 kg/cm² y elongación de 63,33 %, superando en propiedades mecánicas a otros cueros vegetales tradicionales. Los autores concluyen que *P. crassipes* es una fuente prometedora de taninos para un curtido más sostenible.

1.3.5. Valorización y utilización ecológica de residuos vegetales como fuente de taninos para la curtición de cuero

(Shahid, 2023), investigó la valorización de residuos de corteza de *Acacia nilotica* y *Eucalyptus globulus* mediante extracciones mecánicas, Soxhlet, reflujo y ultrasónica. Evaluaron varios disolventes (agua, mezclas metanol-agua y acetona-agua) y establecieron condiciones óptimas de extracción. Demostraron que los taninos obtenidos satisfacen los requisitos de temperatura de contracción y las propiedades mecánicas necesarias para un curtido vegetal efectivo. Este enfoque impulsa el uso de subproductos forestales como fuente de taninos, fomentando la economía circular.

1.3.6. Curtición del cuero con taninos vegetales como alternativa al cromo

En este artículo de la investigación de (Puente, 2018), se aborda una problemática ambiental importante: la contaminación derivada del uso de sales de cromo en la industria de la curtición. El estudio parte del reconocimiento de que el cromo, aunque eficiente, genera residuos tóxicos y compuestos peligrosos para la salud humana y el medio ambiente. Ante ello, se plantea el uso de taninos vegetales como una alternativa sostenible y menos contaminante.

Los taninos vegetales, extraídos de fuentes naturales como la mimosa, el quebracho, el castaño o el tara, poseen la capacidad de enlazarse con las fibras de colágeno de las pieles, estabilizándolas de forma eficaz. El artículo destaca que, además de ser biodegradables, estos compuestos no generan subproductos tóxicos y permiten obtener cueros con buena resistencia física, flexibilidad y estabilidad térmica. Estos resultados posicionan a los taninos como agentes curtientes competitivos en comparación con el cromo. Otro aspecto clave que se analiza es la viabilidad técnica e industrial de los curtidos vegetales. El estudio indica que los procesos deben ser optimizados en cuanto a tiempo de curtido, pH, temperatura y concentración del agente curtiente para igualar los estándares del cuero curtido con cromo. Finalmente, se destaca que la curtición vegetal no solo representa una alternativa viable desde el punto de vista técnico, sino que también responde a una creciente demanda del mercado por productos ecológicos, libres de metales pesados y con menor impacto ambiental. La implementación a gran escala de esta tecnología podría marcar una transición clave hacia una industria más sostenible y responsable.

CAPÍTULO II: MARCO FILOSÓFICO - TEÓRICO

2. PRINCIPIOS ÉTICOS Y EPISTEMOLÓGICOS

La investigación surge de una responsabilidad social que se basa en la necesidad de solucionar problemas regionales, nacionales e internacionales para satisfacer las necesidades sociales más urgentes en áreas como los servicios, la fabricación, las ciencias y la tecnología. Durante el proceso de planificación y creación del proyecto investigativo, es importante tener en cuenta las dependencias, acciones y objetivos a lograr de manera cuidadosa y bien organizada. Esto garantiza que el proceso investigativo se llevará a cabo de manera coherente y en armonía con los recursos humanos, financieros y materiales disponibles. Es innegable que toda investigación científica debe pasar por cuatro momentos fundamentales, que en resumen son (Asto, 2017):

- **Diseño de la investigación:** donde todos los componentes del proceso de investigación deben organizarse cuidadosamente; El marco teórico se refiere al respaldo científico y se buscan las teorías que permitan resolver el problema de investigación.
- **Solución del problema:** el investigador resuelve el problema utilizando las teorías estudiadas anteriormente; y
- **Análisis de los resultados:** un estudio comparativo de los resultados del investigador y los de otros investigadores. El trabajo actual ha pasado sin excepción por esos cuatro momentos cruciales antes de alcanzar la meta sugerida.

El objetivo del investigador es encontrar nuevas soluciones a problemas y desafíos antiguos, actuales y futuros en un mundo globalizado. Con una pers-

pectiva epistemológica y realista, el investigador podrá enfrentar los desafíos que la sociedad actual le plantea. En otras palabras, las soluciones encontradas deben ser caracterizadas por una proyección positiva de amistad con el entorno: soluciones amigables que resuelvan el problema demandado por la sociedad y ayuden a preservar el entorno. Uno de los objetivos principales de este estudio es encontrar una solución que la sociedad en el sector de la curtición de pieles necesita urgentemente, que permita obtener el cuero mientras se reduce y atempera el daño ambiental (Hidalgo, 2022).

Esta perspectiva científica y epistemológica debe permitir la autorregulación necesaria y adecuada en la toma de decisiones y el emprendimiento de iniciativas innovadoras y audaces para el desarrollo de acciones que lleven a la obtención y cumplimiento de los objetivos y metas ya establecidos. Según esta idea, las acciones se enfocaron en el análisis, la síntesis y la valoración del conocimiento y las situaciones para encontrar una respuesta adecuada. Además, se debió lograr una completa conexión e identificación con el problema de investigación, lo que le permitió avanzar inequívocamente hacia soluciones útiles y creativas. Una muestra de lo anteriormente explicado fue el uso de *Caesalpinia spinosa* como un sustituto adecuado del cromo en la obtención de cueros para sus múltiples usos (Altamirano, 2017).

La estructuración y ejecución de esta investigación, basada en una perspectiva científica y epistemológica en la búsqueda del conocimiento, permitió obtener información útil y útil para el currículo de formación de los egresados de la especialidad de industrias pecuarias. Muchos estudiantes han participado en todo el proceso investigativo, y los éxitos y el conocimiento adquirido mejoran los contenidos. La inteligencia y la capacidad de pensar y razonar sobre los diversos problemas que le atañen o se mueven en su entorno son características únicas del hombre como ser racional. Debido a esa habilidad única, es capaz de explorar diversas formas o caminos para desentrañar los fenómenos de su entorno y comprender su entorno. Debido a esa habilidad única, es capaz de explorar diversas formas o caminos para desentrañar los fenómenos de su entorno y comprender su entorno (Bacardit, 2022).

Cada día, los humanos crean ciencia. La ciencia es un conjunto de ideas racionalmente estructuradas, sistemáticas, verificables, precisas y por lo tanto aplicables. Además, seguir un método científico en la solución de problemas lo coloca inevitablemente en el contexto de una investigación científica. Todo el proceso

realizado para demostrar que la *Caesalpinia spinosa* (tara) es un sustituto adecuado del cromo para la producción de cuero ha sido un proceso evidente e indiscutible de lo antes mencionado. Como actividad puramente humana y social, la ciencia interpreta y da un sentido coherente a los acontecimientos que le rodean. Como actividad puramente humana, la ciencia interpreta y da un sentido coherente a los acontecimientos que le rodean, ya que el hombre es social. Gracias a la comprensión de estos dos conceptos cruciales, se ha llevado a cabo un proceso de investigación, búsqueda, exploración y organización del conocimiento científico que ha llevado a la conclusión de que la *Caesalpinia spinosa* puede ser un sustituto adecuado del cromo. Durante el análisis del estado del arte, que es una parte importante del Marco Teórico, se describió un extenso camino de origen y desarrollo del objeto de investigación. Para aplicar el método histórico, se requirió recurrir al conocimiento de prácticas ancestrales en el contexto de una amplia interculturalidad que involucra una gran cantidad de naciones que han practicado el difícil arte de convertir las pieles animales en cuero u otro material (Bello, 2022).

La contextualización filosófica de este trabajo concibe la perspectiva interpretativa y el desarrollo, es un tema de gran interés y relevancia. En primer lugar, sería beneficioso tener una comprensión que condensa las principales tendencias filosóficas y sus principales creadores a lo largo de los períodos más significativos de la historia de la humanidad, en una breve síntesis. A lo largo de la historia de la humanidad, han surgido y estados presentes diversas corrientes filosóficas, unas se contraponen, se niegan, otras se complementan y enriquecen. Sócrates es reconocido como el maestro indiscutible de Platón en este contexto, y específicamente en la filosofía griega clásica, que es particularmente importante para sus destacados pensadores, mientras que Aristóteles es reconocido alumno más brillante de Platón (Faccini, 2022).

Después de la llegada de la filosofía moderna, que precedió a la filosofía medieval, que se centró en la naturaleza de Dios en la Teología, como ciencia que trata sobre la naturaleza de Dios y el conocimiento que los humanos tienen de él, utilizando la lógica y el pensamiento aristotélico para abordar diversos aspectos de la vida, surgieron nuevos pensadores con una visión más cercana a lo empírico y humanístico, como es el caso de los enfoques filosóficos de Erasmo de Rotterdam, Francis Bacon, Nicolás Maquiavelo y Galileo Galilei. La dialéctica materialista, el materialismo histórico y el marxismo como corriente de pensamiento surgieron en el siglo XIX como resultado de la crítica de Marx y Engels

a la dialéctica idealista hegeliana, donde la razón es el principio fundamental de todo análisis de los muy diversos fenómenos de la naturaleza y la sociedad. Sin embargo, en el siglo XX, surgieron nuevos problemas lógicos, sociales, económicos y científicos (Bernat, 2023).

Ahora bien, si se fuera a situar esta investigación en pleno siglo XXI —en un determinado marco filosófico, sin dudas estaría dentro de la Epistemología como se ha evidenciado a lo largo de todo el trabajo—, que tiene sus raíces más notorias en corrientes filosóficas como el Neopositivismo, llamado por otros “Empirismo lógico”, o “Positivismo lógico” (esta corriente se encuentra en el marco de “Filosofía de la Ciencia” —al igual que la epistemología—, que surgió y alcanzó su mayor auge, a partir del primer tercio del siglo XX, con el surgimiento del “Círculo de Viena”, integrado por afamados científicos y filósofos, tales como: Johan Craidoff y Moritz Chlich. Herbert Feigl, Rudolf Carnap, Friedrich Waismann, Hans Hahn, Otto Neurath, Victor Kraft, Felix Kaufmann, Philipp Frank y Kurt Godel entre sus más prominentes pensadores. Si bien el Positivismo defendía la forma científica, el método científico para llegar a la verdad, para validar el conocimiento, el Neopositivismo fue más lejos, pues incorporó lo verificable: la práctica, el método empírico para llegar a la verdad, (Jones, 2020).

Entonces, la epistemología se presenta como la ciencia que indaga, busca, explora y mediante ella se llega a conocer, lo que se puede conocer y como llegar a hacerlo. Es una rama filosófica muy determinante y decisiva para la filosofía de la ciencia; ya que se encarga de validar que las afirmaciones procedentes de la investigación científica llevada a cabo dadas a través de las hipótesis-, estén debidamente fundamentadas; utilizando, además, métodos científicos, alejados de cualquier interpretación no verificable por la práctica; a través de ella y como función rectora- se puede llegar a justificar los datos y procedimientos científicos; considerando, entre otros, los diferentes factores sociales, históricos, económicos, técnicos, tecnológicos y ambientales en el marco de toda investigación científica (Guachamín, 2019).

Por último, se debe puntualizar que, la utilización y aplicación de normas y protocolos nacionales e internacionales para el tratamiento de la materia prima animal —en su transformación—, en su control de calidad y rigurosidad en la ejecución de los procesos, han constituido un aspecto de obligada consulta y aplicación, durante todo el proceso de investigación llevado a cabo en este trabajo (Hussein, 2021).

2.1. Antecedentes

(De la Cruz, 2022) en su libro *Aprovechamiento integral y racional de la tara Caesalpinia spinosa - Caesalpinia tinctoria* expresa que el aprovechamiento integral y racional de la Tara es producto de una extensa revisión bibliográfica relativa a la *Caesalpinia spinosa*, con la finalidad de conocer cómo utilizar la materia prima para la obtención del ácido tánico, muy usado en las industrias peleteras, farmacéutica, química, de pinturas, entre otras y de gomas para uso alimenticio proveniente del endospermo, constituyéndose en alternativa a las gomas tradicionales en la industria mundial de alimentos, pintura, barnices, entre otros.

Así como también, consideró que el Perú posee una región geografía variada con influencia directa en la heterogeneidad de los recursos naturales; y, que constituye un imperativo la necesidad de conocer su disponibilidad y calidad para poder planificar el desarrollo económico y social en beneficio de la población rural”, donde, además, recomienda que su primera fuente de ingresos económicos, justamente será el cultivo e industrialización de la *Caesalpinia spinosa*, especialmente en zonas desérticas (Auquilla, 2012).

Al realizar una aproximación de la diversidad genética y contenido de taninos por medio de estudios moleculares y bioquímicos de poblaciones naturales de la *Caesalpinia spinosa* en el Ecuador: “Se obtuvieron 79 muestras de las cinco localidades de la Sierra ecuatoriana: 29 de la localidad de Vilcabamba, 13 de Loja, 11 de Salcedo, nueve de Guayllabamba, 11 de Urcuquí, a más de seis recibidas del Perú que se usaron como muestras de referencia del sitio de origen putativo de la Tara”.

En el mismo trabajo de investigación reportan que “El rango total del muestreo va de 1 700 a 2 743 msnm. Claramente las poblaciones de la parte norte de la Sierra específicamente en Urcuquí y Salcedo crecen a mayor altitud que las del sur (Loja y Vilcabamba), siendo Guayllabamba el término medio. Las distancias entre poblaciones varían de 35 km (Loja-Vilcabamba) a 537 km (Vilcabamba-Urcuquí)” (Narvaez, 2021).

Debido a la variabilidad estructural presente en las plantas y a su frecuente asociación con otros constituyentes celulares, es un serio inconveniente para el uso a gran escala de los taninos en las industrias diferentes a la de la curtición”.

Los taninos condensados para curtir presentan cueros duros y armados; y también, pueden ser empleados en la industria de los adhesivos, especialmente para conglomerado de madera (Narvaez, 2021)..

Cualquiera de los cueros fabricados con las sales minerales diferentes al cromo es claramente inferiores en blandura y relleno, como los obtenidos por curtición al cromo. La insuficiente estabilidad de la curtición única con estos productos inorgánicos reduce su empleo y por ello se ha continuado estudiando su posible aplicación en curtición combinada con extractos vegetales.

La curtición única con compuestos orgánicos reactivos emplea, según (Hidalgo, 2022)

Como curtientes isocianatos y aldehídos tales como el formaldehído, glutaraldehído y algunos de sus derivados. La utilización del formaldehído presenta dos grandes inconvenientes, el primero es su toxicidad y el segundo es su aplicación en la que resulta difícil controlar el grado de polimerización y por lo tanto la velocidad de fijación a la piel. El glutaraldehído es menos tóxico y aporta a las pieles una serie de características propias y diferenciales, unas veces positivas (gomosidad y mejor resistencia al sudor y al lavado) y otras negativas, como puede ser cierta tendencia a la crispación y a los colores amarillentos, con la consiguiente dificultad de obtener colores vivos.

Al realizar la comparación de tres especies vegetales para determinar el porcentaje de taninos, (Bello, 2022) puntualiza:

Los taninos son considerados como un grupo de sustancias complejas de tipo fenólico que están ampliamente distribuidas en el reino vegetal; se encuentran en los tallos, hojas, semillas, corteza, raíces, frutos, etc. En la curtición, es muy importante conocer el porcentaje de taninos de la planta, porque según este parámetro, se pueda realizar el curtido

En referencia a los métodos para el análisis del porcentaje de taninos la literatura refleja lo siguiente (Castro, 2022):

En esta investigación, se realizó el análisis del porcentaje de taninos y el porcentaje de no taninos de la *Caesalpinia spinosa* (tara), *Polylepis incana* (quinual del Perú); la *Acacia mearnsii* (acacia negra) y el *Pinnus radiata* (pino de Chile), por tres métodos diferentes: el método de permanganato modificado, el método de CIATEC-México y el método de LATU, de Uruguay; estos tres métodos

comparados con el método oficial según la norma ASTM D6401. También se ha determinado el porcentaje de sólidos totales y porcentaje de sólidos solubles. Analizando los resultados se observó que el método de CIATEC es un método rápido (máximo de 6 horas de trabajo), con precisión y exactitud aceptable ya que aplicando el método oficial los resultados se obtienen a los tres días.

En el estudio de las propiedades antioxidante de la *Caesalpinia spinosa* tomada de poblaciones silvestres de las localidades de Picoy y Santa Fe (Provincia de Tarma) y realizado por el municipio del departamento de Junín declara que (López, 2022):

El Perú es el principal abastecedor de “tara”, gracias a que nuestro país posee una gran variedad de climas y tipos de suelos, haciendo posible la obtención de este cultivo durante la mayor parte del año. El departamento de Junín cuenta con poblaciones naturales de “tara” que aún no han sido caracterizadas bioquímica ni genéticamente, que podrían aprovecharse en beneficio de las comunidades locales. En este trabajo se reportó la capacidad antioxidante de “tara” provenientes de las localidades de Picoy y Santa Fe, ambas ubicadas en Tarma, Junín. (López, 2022):

Se utilizó la técnica del DPPH y del ABTS para valorar la capacidad antioxidante; para la determinación de fenoles y flavonoides se utilizó el reactivo de Folin-Ciocalteu según la técnica de Singleton. La muestra de Picoy reportó mayor cantidad de fenoles siendo de 563,70 mg/g de extracto seco, mientras que la cantidad de flavonoides fue de 0,664 mg/g. La capacidad antioxidante mostró una mejor respuesta en la población de Picoy, reportándose mediante el DPPH un IC50 1,244 mg/ml y con el ABTS un 35,3% de inhibición. Estos datos podrían aprovecharse para incrementar el valor agregado y mejorar la oferta de este recurso en dicha localidad debido a sus mejores características antioxidantes (López, 2022)

La asociación de investigación de las industrias del curtido y anexas (AQUEIC, 2022) estudió comparativamente la obtención de taninos de la *Quercus aegilops* (valonea), *Rhus coriaria* (zumaque), *Caesalpinia spinosa* (tara) y *Vitis vinífera* (uva); usando agua y solventes (etanol, metanol), como fuentes de obtención de taninos para su estudio, caracterización y ensayos de curtición. Donde se reporta que los taninos de la tara son más solubles en solventes, en tanto que los de la valonea son más solubles en agua. Los taninos de la pepita de

uva son prácticamente insolubles en agua y/o solventes, se aplica temperatura y presión para solubilizarlos. Se estudió la variabilidad en el contenido de taninos en diferentes especies y localizaciones, obteniéndose en la vanolea valores medios del 20-30% y localizados en la cápsula de la bellota de especie; del zumaque se extraen a partir de las hojas que contienen entre un 10-16% de taninos. Los taninos de la Tara se extraen a partir de las vainas de los frutos, con contenidos alrededor del 49%. Los taninos se extraen a partir de pepita triturada y desengrasada, con contenidos entre el 6-16% (Guachamín, 2019).

En su tesis (Rosales, 2023) realizó una breve descripción de aplicación de los taninos en la industria de la curtición; señalando que: “la curtición de la piel tiene como finalidad conseguir la estabilización del colágeno frente a fenómenos de degradación por efecto del agua y las enzimas, además de dar a la piel una resistencia superior a la temperatura a la que tiene en estado natural. El proceso de curtición consta de numerosas etapas”. En primer lugar, la piel se pone a remojo con agua para eliminar la sangre, los microorganismos y los agentes de conservación. Estos últimos se añaden en el matadero para impedir la descomposición de la piel. Posteriormente se realiza la etapa del “apelambrado” en la cual se elimina el pelo o la lana. En el proceso de “descarnado”, el tejido subcutáneo y adiposo de la piel se elimina mediante cuchillas con el fin de facilitar la penetración de los productos químicos que serán aplicados en fases posteriores.

La parte de la piel que está en contacto con la grasa recibe el nombre de “se-rraje”, mientras que la parte exterior de mayor valor da lugar al cuero terminado y se le denomina “piel flor”. Ambas partes se separan mediante cuchillas durante el proceso de “dividido”. La siguiente operación es el “desencalado” donde se elimina la cal y los productos alcalinos, los cuales se añadieron a la piel durante el proceso de apelambrado para aflojar la estructura y permitir la salida del pelo. El objetivo del proceso de “rendido” es lograr, por medio de enzimas proteolíticas, un aflojamiento de la estructura del colágeno y deshinchamiento de la piel (Rosales, 2023).

Durante la operación de “piquelado” la piel se trata con productos ácidos, con el objetivo de eliminar el álcali combinado y conseguir la disminución del pH hasta un valor que oscile en un rango de 3–3,5. Si no se opera de esta forma el agente curtiente produciría una sobrecurtición en las capas más exteriores que dificultaría la difusión del curtiente en las capas internas. El pH de los baños de curtición debe ser no inferior a 3, ya que la acidez se retiene por el cuero y una

vez seco disminuye la resistencia de la fibra haciéndola más sensible al desgarro. El proceso de curtición se realiza normalmente en bombos al igual que el resto de las operaciones de lavado, descalcado y piquelado. Los productos curtientes tienen que ser al menos bifuncionales, generalmente son polifuncionales con el fin de reaccionar con diferentes cadenas de colágeno al mismo tiempo. Es necesario que tengan una masa molecular adecuada para poder introducirse hasta la microestructura del colágeno y que sean solubles en agua o que formen disoluciones coloidales de micela muy pequeña, puesto que la curtición se realiza en medio acuoso (Zambrano, 2019)

El acceso a los puntos reactivos del colágeno será tanto más fácil cuanto más separadas se encuentren entre sí las protofibrillas. Durante la curtición con materias inorgánicas es importante aumentar poco a poco el pH hasta 3,8-4,2 una vez adicionadas las sales de cromo, produciéndose el fenómeno de curtición. En el caso de la curtición vegetal se varía la temperatura en vez del pH para conseguir que se fijen los taninos, lo que también ayuda a que se reduzca el hinchamiento de la piel, la viscosidad del extracto y el tamaño de la partícula. Durante el tratamiento que la piel para convertirse en cuero se produce un segundo proceso tras la curtición (Hinostrosa, 2023).

Este proceso se denomina “reurtición”, en el cual la piel adquiere las características deseadas; tales como: mejor resistencia al desgarro, mayor facilidad para el esmerilado, una mejor soltura de la flor, un tacto más blando, mayor grosor, facilidad y capacidad de retención del grabado y un buen comportamiento de la piel al lavado en seco y en húmedo. Se puede utilizar el mismo curtiente utilizado en el proceso principal de curtición o puede ser distinto, recibiendo el nombre de curtición única y curtición mixta o combinada respectivamente (Faccini, 2022)

El diseño de la etapa de curtición de cueros bovinos con la utilización de extractos de *Caesalpinia spinosa* como agente curtiente, donde detalla las variables de proceso a controlar y sus respectivas condiciones de operación, con la finalidad de establecer las bases para una posterior replica a escala industrial obteniendo beneficios múltiples. Se realizó el proceso a escala de laboratorio con 6 pieles bovinas de origen serrano ecuatoriano de buena calidad, en los bombos o fulones de pruebas del laboratorio de curtición de pieles, obteniéndose cuero plena flor para calzado y marroquinería, el mismo que fue sometido a pruebas físicas (resistencia a la tracción y porcentaje de elongación) y análisis sensoriales

(blandura, llenura y redondez) para evaluar la calidad del producto y por ende la eficiencia del diseño. Se obtuvo una media para la resistencia a la tracción igual a 2,65 N/mm², 43% para el porcentaje de elongación, mientras que las puntuaciones medias de la blandura, llenura y redondez fueron de 3,42; 4,67; 4,50 puntos en su orden (Bello, 2022).

Al efectuar el estudio comparativo de los taninos de la *Caesalpinia spinosa* y el *Pinnus radiata* como recurtientes de origen vegetal, puntualiza que los taninos de las dos especies vegetales poseen la capacidad de formar complejos insolubles con proteínas: colágeno. Lo cual resulta muy conveniente, ya que se convierten en los productos naturales más promisorios para ser usados industrialmente en los procesos que transforman las pieles en cueros. En esta investigación se caracterizó el poder curtiente de los dos tipos de taninos; y, partiendo de una formulación base en función del artículo final elegido (capellada de calzado), se llevó a cabo el curtido con cromo, al cual se varió el recurtiente vegetal, después del proceso de neutralizado (Hussein, 2021).

A continuación, se procedió a la evaluación de su comportamiento en los distintos ensayos. También se presentó una caracterización de los cueros, mostrando los ensayos realizados a los diferentes tipos de cuero en función de su uso. Para los dos casos, las normas que se aplicaron para los análisis y especificaciones fueron las mismas. Estas especificaciones indicaron propiedades cercanamente similares entre los dos tipos de cuero cumpliendo un mismo comportamiento adecuado durante su fabricación y uso; a excepción de la influencia de los taninos del pino sobre la coloración final del cuero, en tonos verdosos, por lo que recomienda no utilizar los taninos provenientes de *Pinnus radiata* en la fabricación de cueros en colores diferentes al del tanino; y por el contrario, recomienda utilizar en todo color de cuero taninos provenientes de *Caesalpinia spinosa* por la casi nula influencia sobre el color final” (Basantes, 2020).

(Guachamín, 2019) En las instalaciones del Laboratorio de Curtición de Pieles de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la ESPOCH, el proceso de enriquecimiento fibrilar al realizar el recurtimiento de pieles caprinas con la utilización de diferentes niveles (6, 7, 8 y 9%) de recurtiente vegetal de *Caesalpinia spinosa*-, los resultados experimentales fueron modelados bajo un diseño “Completamente al Azar”, con 4 tratamientos, 3 repeticiones y en 3 ensayos. Al realizar el análisis de la resistencia a la tensión y lastometría, se obtuvieron los valores más altos con la aplicación de 6% de *Caesalpinia spinosa* (T1), con 164.78 N/cm² y 9,21 mm

respectivamente; en tanto que, la mayor elongación fue reportada con el 9% de *Caesalpinia spinosa* con 81,11%.

La evaluación sensorial indica las mejores calificaciones con 9% de *Caesalpinia spinosa*, ya que el material producido, obtiene una excelente llenura y redondez ideal (4,56 puntos) respectivamente, lo que permite afirmar que el cuero en crust puede ser terminado para calzado; puesto que, no se deforma con el uso diario, sino más bien se adapta al pie sin provocar molestias. El beneficio costo registró mayor rentabilidad en los cueros de los curtidos con 9% de *Caesalpinia spinosa*); con un valor de 1,20 o lo que es lo mismo decir que por cada dólar invertido se espera una recuperación del 20% que es muy atractiva y que supera al de otras actividades industriales. Por lo que se recomendó la aplicación de 9% de *Caesalpinia spinosa* para recurrir pieles caprinas (Hidalgo, 2022)”

(Puente, 2018) evaluó el fruto de la *Caesalpinia spinosa* como fuente sostenible de taninos y los productos derivados de éstos para la industria de curtidos y otras aplicaciones en los sectores de alimentación, farmacéutico o cosmética. Describen la taxonomía y las condiciones crecimiento en la naturaleza o en silvicultura, así como los procesos industriales y la cadena de valor desde la recolección hasta los mercados internacionales. Finalmente se presentan las oportunidades comerciales para su explotación.

2.2. PRINCIPIOS TEÓRICOS

2.2.1. Génesis de la *Caesalpinia spinosa*

Lineo creó la clasificación de género de *Caesalpinia spinosa* en 1753 en honor al científico italiano Andrea Cesalpino. La presencia de espinas y Kuntze en toda su estructura le da el nombre específico spinosa, ya que este botánico lo clasificó en el género *Caesalpinia*. La Tabla 1 muestra las características biológicas de este vegetal, (Barsallo, 2022).

Tabla 1: Características de la *Caesalpinia spinosa*

Característica	Denominación
Especie botánica:	<i>Caesalpinia spinosa</i> (Molina) Kuntze.
División:	<i>Magnoliophyta</i> (Angiospermae).
Clase:	<i>Magnoliópsida</i> (Dicotiledoneae).
Familia:	<i>Cesalpinaceae</i> .
Género:	<i>Caesalpinia</i> .
Especie:	<i>Caesalpinia spinosa</i> o <i>Caesalpinia tinctoria</i> .
Etimología:	<i>Caesalpinia</i>

Fuente: Barsallo (2022)

La *Caesalpinia spinosa* (tara) es un árbol de copa irregular que generalmente alcanza una altura de 2 a 3 metros, aunque algunos en su estado adulto pueden alcanzar hasta 12 metros. La raíz es pivotante, de las cuales se derivan numerosas raíces secundarias, lo que le permite extraer agua de los niveles más profundos. Esta característica le da cierta tolerancia a la sequencia del suelo, pero también es muy sensible al frío extremo (De la Torre, 2021).

Según (Bernat, 2023) El árbol en cuestión presenta un tronco de desarrollo limitado en altura, es decir, relativamente corto, lo que favorece una arquitectura vegetal con marcada tendencia a la ramificación basal. Esto significa que desde las zonas cercanas a la base del tronco emergen múltiples ramas principales, formando una estructura arbustiva o de copa densa. La corteza que recubre este tronco se caracteriza por su textura rugosa y la presencia de espinas, lo cual puede interpretarse como una adaptación morfológica para la defensa contra herbívoros.

El fuste, que corresponde al eje principal del árbol desde la base hasta la primera ramificación importante, muestra un diámetro promedio de aproximadamente 40 centímetros, lo que lo ubica dentro de un rango medio para especies leñosas silvestres de zonas interandinas o semiáridas. Las hojas, por su parte, son de disposición alterna, lo que implica que emergen de manera escalonada a lo largo del tallo. Presentan una morfología compuesta, siendo pinnadas o incluso bipinnadas en algunos ejemplares, lo que indica un grado avanzado de subdivisión foliar. Además, poseen estípulas (estructuras laminares en la base de las hojas), una característica botánica distintiva de varias especies del orden *Fabales*.

Su color es verde oscuro, lo que sugiere una alta concentración de clorofila, y su longitud promedio alcanza los 15 centímetros. Tanto el raquis eje central de la hoja compuesta— como el pecíolo —el tallo que conecta la hoja al tallo principal están provistos de espinas, cumpliendo nuevamente una función protectora (Gualoto, 2020). Un árbol de *Caesalpinia spinosa* y el detalle de sus vainas se muestran en la Figura 1:



Figura 1. Árbol y fruto de *Caesalpinia spinosa*.

Fuente: Gualoto (2020).

Los frutos de este se obtienen principalmente de bosques remanentes debido a la escasa masificación y tecnificación de su cultivo. Hay una gran variación en la producción de vainillas, que oscila entre 5 kg/año y 40 kg/año, y en el contenido de taninos, que oscila entre el 30% y el 80%. La *Caesalpinia spinosa* es un árbol silvestre que forma bosques o está asociado con otras especies vegetales. Las vainas son la parte útil del árbol que tiene un gran valor industrial. Cuando están secas, estas se cosechan. Tienen un color rojizo y, al sacudirlas, emiten un sonido único debido al golpeteo de las semillas dentro de ellas (Hidalgo, 2022).

La inflorescencia tiene racimos terminales de 15 a 20 cm de longitud con flores en la mitad distal. Las flores son hermafroditas, zigomorfas; el cáliz es irregular, con un sépalo muy largo de alrededor de un (1) cm, con numerosos apén-

dices en el borde, cóncavo; la corola tiene pétalos libres de color amarillento, dispuestos en racimos de 8 a 20 cm de largo y pedúnculos pubescentes de cinco cm de largo, articulados debajo de un cáliz corto y tubular de seis cm de largo. Los pétalos tienen una medida aproximada. Cuando se cosecha dos veces al año, cada árbol de *Caesalpinia spinosa* puede producir entre 20 y 40 kilogramos de vainas. Por lo general, un árbol de *Caesalpinia spinosa* da frutos a los tres años y a los cuatro años si es silvestre. La esperanza de vida promedio es de cien años. Cada árbol ocupa un área de 10 metros cuadrados (Castañeda, 2023).

En relación con sus rasgos, la copa de la *Caesalpinia spinosa* es irregular, aparasolada y poco densa, y sus ramas ascendentes se extienden hacia arriba. Cruzado en 1952. Sus hojas miden 15 cm de largo y tienen una forma de plumas, parcadas, ovoides y brillantes ligeramente espinosas de color verde oscuro. Las flores están en racimos de 8 a 15 cm de largo y de color amarillo rojizo. Sus frutos son vainas explanadas e indehiscentes de color naranja de 8 cm a 10 cm de largo y 2 cm de ancho, con de 4 a 7 granos de semilla redondeados de 0,6 cm a 0,7 cm de diámetro. Cuando están maduros, son de color pardo negruzco, como se indica en la figura 2, (Adzet, 2105).



Figura 2. Fotografía de las inflorescencias y frutos de la *Caesalpinia spinosa*.

Fuente: Amangandi (2016, pág. 25).

Los frutos se obtienen principalmente de bosques remanentes debido a la falta de masificación y tecnificación de este cultivo. En estos bosques, la producción de vainas varía entre 5 kg/año y 40 kg/año, y el contenido de taninos varía entre 30% y 80%. Las inflorescencias tienen flores irregulares, hermafroditas y de pétalos de color amarillo rojizo. Las flores forman racimos de 8 a 15 cm de largo y tienen pedúnculos pubescentes de 5 cm de largo (Amangandi, 2016, pág. 25).

Las semillas son ovoides, algo aplanadas, brillantes y de color café a negro. Su mesocarpio es transparente y se pueden extraer gomas comestibles de los cotiledones, lo que se utiliza para la elaboración de alimentos. Es una planta conocida como “rústica” debido a su capacidad para resistir la sequía, las plagas y la adaptación a una variedad de climas y suelos. Según se encuentra dentro de las zonas de vida descritas en la Tabla 2 (Rivadeneira, 2019).

Tabla 2: Zonas de vida del tara

Zona de Vida	Temperaturas promedio (°C)	Precipitaciones promedio (mm)	Distribución
Estepa Espinosa - Montano Bajo	250 - 500	12-18	Toda la zona
Bosque Seco - Montano Bajo	500 - 700	12-18	Zona de menor precipitación
Matorral Desértico - Montano Bajo	200 - 250	13-18	Zona de mayor precipitación

Fuente: Rivadeneira (2019).

2.2.2. Distribución geográfica de la tara

En términos geográficos, la especie de *Caesalpinia spinosa* (tara), se encuentra presente en tres naciones andinas: Perú, Bolivia y Ecuador. Estos países son considerados importantes por su población natural de árboles de Tara y tienen un gran potencial para la siembra y explotación de la especie. En este sentido, destaca que la *Caesalpinia spinosa* es una especie forestal que se originó en Perú y se puede encontrar en poblaciones en los valles interandinos y en el vertiente occidental del Pacífico en Ecuador y Bolivia (Corrales, 2023).

Es una alternativa de desarrollo para los productores porque tiene dos ventajas: por un lado, genera ingresos económicos por la comercialización de sus frutos a partir del cuarto año de plantado y, por otro, al ser una especie forestal ofrece muchas ventajas a nivel ecológico y de conservación de suelos. La *Caesalpinia spinosa* es una especie de árbol perenne que se puede encontrar en Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y Chile. Su crecimiento se evidencia en la región occidental de la cordillera de Los Andes y en los valles interandinos, donde se encuentra desde los 800 metros sobre el nivel del mar hasta los 3 200 metros sobre el nivel del mar (Prado, 2023).

En Ecuador se puede encontrar *Caesalpinia spinosa* en todas las provincias de la Sierra, en los valles interandinos, dentro de formaciones boscosas de tipo xerofítico, como en los valles del Chota, Guayllabamba. La Tabla 3 muestra las ubicaciones de las poblaciones identificadas de *Caesalpinia spinosa* en Ecuador (Orozco, 2023).

Tabla 3: Distribución de poblaciones de *Caesalpinia spinosa* en el Ecuador

Provincia	Lugares
Carchi	Bolívar, Mira, Valle del Chota
Imbabura	Pimampiro, Urcuquí, Ibarra, Atuntaqui, Chaltura, Pablo Arenas, Ambuquí, Chuga, Angochagua, San Roque, Quiroga, Valle del Chota
Pichincha	Guayllabamba, San Antonio de Pichincha, Pomasqui, San Jose de Minas, Perucho, Tumbaco, El Quinche
Cotopaxi	Salcedo
Tungurahua	Ambato, Baños, Patate, Panzaleo
Chimborazo	Riobamba, Guano, Penipe, Alausí, Chunchi, Guasuntos
Bolívar	Guaranda, Chimbo
Cañar	Azogues, Gualleturo, Loyola, Solano, Biblián, Charasol
Azuay	Llacao, Solano, Girón, Oña, La Dolorosa
Loja	Saraguro, Gonzanama, Catamayo, Chuquipata, Celica, Catacocha, Malacatos, Vilcabamba, Nambacola, La Toma, Eguiguren, Las Lagunas

Fuente: Orozco (2023).

De acuerdo con (Gomez, 2023) en Ecuador se venden 84 TM por año de *Caesalpinia spinosa*, de las cuales el 75% es adquirido por Cobad Export para convertirlo en polvo y luego exportado a España. Una tonelada mensual se destina a la curtición industrial de Ambato y Salcedo en todo el país, mientras que las curticiones artesanales y las talabarterías de Imbabura y Cotacachi exigen el 25%. Se usa para curtir el cuero y hacer artesanías y monturas. En Ecuador, la cadena de producción es nueva debido a la escasez de familias que participan en la recolección y la transformación, donde solo hay un transformador y exportador, y el uso del producto es más crucial en las curticiones artesanales.

Las ventajas de la *Caesalpinia spinosa* son evidentes porque ofrece numerosos beneficios directos e indirectos. Es una especie fantástica para regular las dunas, evitando así la desertificación. Además, permite la fertilización del suelo, ya que es un excelente fijador de nitrógeno atmosférico y agrega materia orgánica al suelo a través de las hojas y vainas que caen. Además, reduce la erosión y la degradación. Se prevé que para el año 2015 se producirían 115,830 toneladas de harina de vaina de *Caesalpinia spinosa* cultivadas en 35,100 hectáreas para

satisfacer la demanda mundial. Perú, el principal exportador mundial de polvo de *Caesalpinia spinosa*, solo satisface el 26% de la demanda, lo que representa una oportunidad para satisfacer este mercado insatisfecho. Esto demuestra el gran potencial para cultivar esta especie en Ecuador (Lizárraga, 2021).

La actividad forestal en Ecuador ofrece una gran oportunidad de crecimiento para el país, ya que, si se recibe el respaldo del gobierno, se podrían crear numerosas nuevas oportunidades laborales en el campo, generar ingresos a través de la exportación de productos forestales, contribuir significativamente a la reducción de los efectos del cambio climático a través de la captura de carbono y disminuir la presión sobre los bosques. La cadena en el Ecuador está en su fase inicial de organización a través del Consorcio Nacional de Productores de *Caesalpinia spinosa* (CONAPROG), organización que se compone de cuatro regionales asumidas cada una por una institución facilitadora. En Ecuador, el Consorcio Nacional de Productores de *Caesalpinia spinosa* (CONAPROG) está organizando la cadena en sus cuatro regiones, cada una con una institución que facilita y promueve: en el norte colaboran con un productor independiente, en Pichincha con la fundación “Desde el Surco”, en Riobamba con la Fundación Biorecolte y en Loja con el Consejo Provincial. En la región del norte colaboran con un productor independiente, mientras que en Pichincha cuentan con la fundación “Desde el Surco”, en Riobamba con la Fundación Biorecolte y en Loja con el Consejo Provincial.

“Se presenta naturalmente en lugares semiáridos con un promedio de 230 a 500 mm de lluvia anual”. Además, se puede encontrar en cercos o cercados, sirviendo como sombra para los animales, dentro de cultivos y como adorno. El *Caesalpinia spinosa* es una de las especies forestales más importantes de la sierra ecuatoriana. A pesar de esto, se ha ignorado este hecho debido a la falta de conocimiento sobre los beneficios que ofrece esta especie forestal, la cual no solo genera beneficios ambientales, sino que también permite nuevas fuentes de trabajo, lo que impulsa la economía familiar. Esta planta también ofrece otros beneficios, como la producción de madera dura que se puede utilizar en la industria y la artesanía, así como la utilización en programas de agroforestería, como cercas vivas, barreras y cortinas rompevientos. Pero lo más importante es que el árbol produce frutos que cuando secos se obtienen taninos de las vainas molidas y gomas de los granos procesados, que tienen una demanda internacional (Fabara, 2021).

La especie *Caesalpinia spinosa* vive en los valles semiáridos de la Sierra ecuatoriana. La planta es una leguminosa que fija nitrógeno en la atmósfera y

contribuye a la fertilidad del suelo. Es arbórea perenne, lo que significa que puede mantenerse productiva durante 50 años o más. Su estructura es de corte y rebrote. Se considera una especie de propósito múltiple porque es tolerante a las sequías y se adapta fácilmente a suelos pobres, áridos o con déficit hídrico (Artigas, 2021)

De acuerdo con (Asto, 2017) además de los frutos o vainas, se pueden extraer taninos, los cuales son muy solicitados en el mercado global para las industrias de la curtición de la piel, farmacéutica, química, cosmética y alimentaria, la capacidad de los taninos para formar compuestos insolubles con las proteínas es su propiedad más importante. Su amplia utilización en la producción de cuero se debe a esta reacción. La misma característica explica su uso médico, que incluye el tratamiento de diarrea, sangrado de encías y, en ocasiones, lesiones de la piel. Los taninos tienen efectos tóxicos sobre los microorganismos que son poco conocidos. Los taninos tienen propiedades antimicrobianas contra bacterias grampositivas y gramnegativas, así como propiedades antifúngicas fuertes contra *Penicillium* sp. No se han observado diferencias significativas en el impacto sobre hongos y bacterias en esta comparación de toxicidad entre taninos condensados e hidrolizables.

Las investigaciones sobre el árbol *Caesalpinia spinosa* han aumentado significativamente. Debido a los múltiples productos que se extraen de él, además de otros beneficios, ha sido objeto de muchos estudios a nivel nacional e internacional. En la actualidad, el *Caesalpinia spinosa* es un arbusto muy popular porque sus vainas contienen un alto porcentaje de taninos, lo que significa que se puede obtener extracto tánico y extracto gálico. Estos extractos se utilizan en una variedad de industrias, pero su uso más común es en la industria del cuero, principalmente para el proceso de curtido. “Esta meta es relativamente fácil de alcanzar porque la harina de *Caesalpinia spinosa* es una alternativa ideal para reemplazar los taninos no vegetales. En Ecuador, se analizaron cuatro variedades de *Caesalpinia spinosa* con respecto al contenido de taninos, y se determinó que la región de Urcuquí tenía el contenido de taninos más alto, con un 53,4%. Esta característica podría ser una ventaja significativa para el mercado en comparación con la competencia. (Hidalgo, 2018)

Los taninos antiguamente eran utilizados como colorantes de pieles y alimentos, son el resultado de la combinación de un fenol y un azúcar. Tienen gusto amargo y suelen acumularse en las raíces, cortezas, frutos y en menor medida en las hojas. Según la literatura, pueden tener diferentes usos: La precipitación de

la gelatina a través de los taninos permite clarificar el vino; así como también la capacidad de precipitar proteínas; esto sirve para el curtido de pieles. En ese sentido, los taninos se intercalan entre las fibras de colágeno, estableciendo uniones que permiten crear una gran resistencia frente al agua y el calor, haciendo que la piel se convierta en cuero. “Esta combinación de los taninos con proteínas de la piel, forman precipitados resistentes a la putrefacción, lo cual priva a las bacterias contaminantes de su sustrato nutritivo. Su poder astringente lo hace apto para la cicatrización de heridas, sobre todo administrado en forma de cataplasmas” (Corrales, 2023)

En Ecuador, la cadena de producción es incipiente ya que para el acopio existen pocas familias que se involucran, y a nivel de transformación existen pocos actores; hay un transformador y exportador y es más importante el uso del producto a nivel de curtición artesanales. La *Caesalpinia spinosa* proporciona múltiples beneficios directos e indirectos, ya que es una especie excelente para el control de las dunas contrarrestando así al fenómeno de desertificación, permite la fertilización de suelos ya que es un buen fijador del nitrógeno atmosférico y la adición de materia orgánica al suelo por las hojas y vainas que caen, así también por la reducción de la erosión y degradación. (De la Torre, 2021)

La cadena en el Ecuador está en su fase inicial de organización a través del Consorcio Nacional de Productores de *Caesalpinia spinosa* (CONAPROG), organización que se compone de cuatro regionales asumidas cada una por una institución facilitadora y promotora: en el norte trabajan con un productor independiente, en Pichincha con la Fundación Desde El Surco, en Riobamba con la Fundación Biorecolte y en Loja con el Consejo Provincial. (Chávez, 2015)

2.2.3. Taninos vegetales

“Los taninos vegetales son productos naturales de peso molecular relativamente alto que tienen la capacidad de formar complejos con los carbohidratos y proteínas. Dentro de este contexto, son de los productos naturales más importantes usados industrialmente, específicamente en los procesos que transforman las pieles en cueros. Dentro de los artículos fabricados por curtido o recurtido vegetal se pueden citar suela, capellada, plantilla y forro para calzado, cueros para tapicería, para marroquinería entre otros. Los taninos vegetales se clasifican en dos grupos importantes: los taninos hidrolizables y los condensados. En virtud de esta importancia es que evaluaron estas nuevas fuentes de taninos como curtiembres y recurtientes. Fuentes naturales de obtención de taninos (Costa, 2022):

- Los taninos se encuentran en gran cantidad de árboles, siendo las agallas de roble y la corteza de zumaque las mejores materias para su obtención.
- También se utilizan las hojas del aliso, nogal, frambueso, fresal y zarza; frutos y hojas del arándano; sumidades de agrimonia; raíz de tormentila, bistorta y pimpinela, entre otros.
- Los taninos gálicos se obtienen a partir de la corteza del castaño (*Castanea sativa*) y de las agallas de los robles.
- Los taninos condensados se obtienen de la madera de catecú (*Acacia catechu*) y de la corteza de algunas especies de eucalipto (*Eucalyptus rostrata*) entre otros.

Los pseudotaninos son ácidos orgánicos derivados del ácido galéico que muestran una actividad farmacológica. Destacan en este sentido las hojas de alcachofa (*Cynara scolymus*) que contienen cinarina y ácido clorogénico de acción colagogocolerética y hepatoreguladora y la sumidad del romero (*Rosmarinus officinalis*) con ácido rosmarínico, de acción semejante (Font, 2019).

2.2.4. Estudio químico de los taninos

Las uniones éster se hidrolizan fácilmente por la acción de los ácidos y los enzimas, liberando moléculas de azúcar y moléculas de ácidos fenol-carboxílicos. Se subdividen los taninos hidrolizables según la naturaleza química de los ácidos fenol-carboxílicos liberados, (Hidalgo, 2022) en la tabla 4, y se ilustra en la figura 3, se indica el número de uniones éster en una molécula de tanino.

Tabla 4: Número de uniones éster en una molécula de tanino

Nº de moléculas de azúcar (n)	Nº de uniones Ester ($3n+2$)
1	5
2	8
3	11
4	14

Fuente: Hidalgo (2022).

Una molécula típica consiste en una molécula de glucosa esterificada con cinco moléculas de ácido gálico (Peso Molecular = 940) o ácido metadigálico (Peso Molecular = 1600) (Ver Fig. 3). (Hidalgo, 2022)

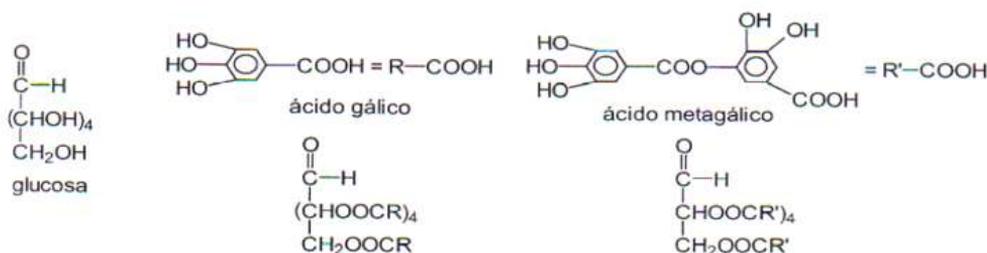


Figura 3. Ejemplos de los taninos gálicos son los extractos de zumaque, *Caesalpinia spinosa* y agallas.

Fuente: Hidalgo (2022).

La hidrólisis de un éster de tanino elágico libera el ácido hexahidroxidifénico, el cual adquiere su forma de lactona, es insoluble en agua y se llama ácido elágico” (Avila, 2016) (Ver Fig. 4).

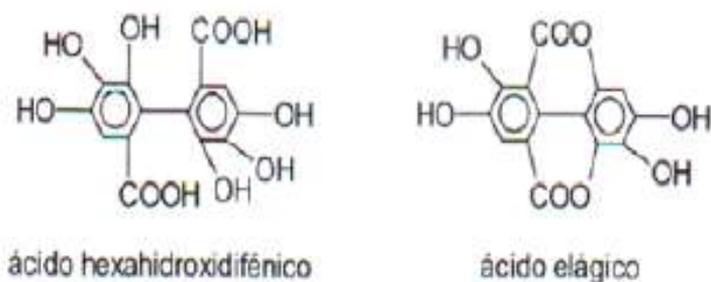


Figura 4. Representación gráfica de los ácidos hexahidroxidifénico y elágico.

Fuente: Avila (2016).

Se cree que estos taninos contienen el ácido elágico asociado a la glucosa, así como ácido gálico y sus derivados como, p. ej., el ácido chebulínico. Ejemplos de taninos elágicos son los extractos de castaño, valonea y mirabolano. Una hipótesis toma como materia prima para su formación a la catequina y supone que por condensación de ésta se forman los taninos (Ver Fig. 5).

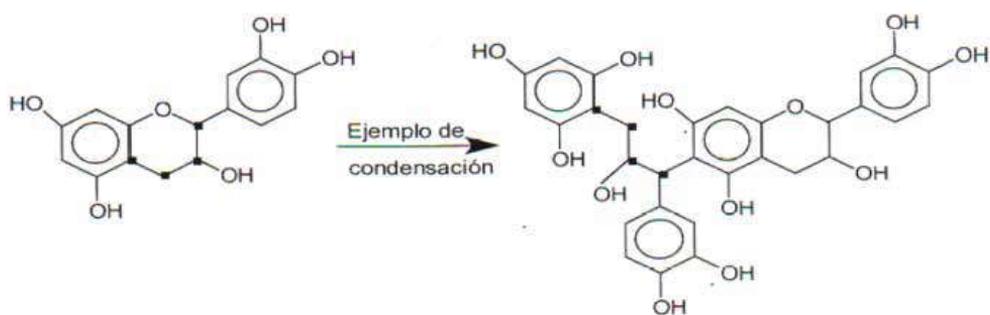


Figura 5. Representación gráfica del proceso de condensación de los taninos.

Fuente: Zambrano (2019)

Sin embargo, hay otras posibilidades, aunque son similares tanto en materia prima como en la forma de condensarse. Dado que el peso molecular aproximado del monómero es de 250, los taninos pueden tener desde dos hasta 12 monómeros polimerizados. Como más monómeros tenga, más astringente será el tanino, (Adzet, 2105).

2.2.5. Efecto de la concentración

De acuerdo con lo expresado por (Tasnim, 2022) para un extracto tánico determinado existe una concentración crítica para la cual la precipitación de insolubles es máxima. Por encima y debajo de dicha concentración el precipitado se redisuelve (Ver Fig. 6).

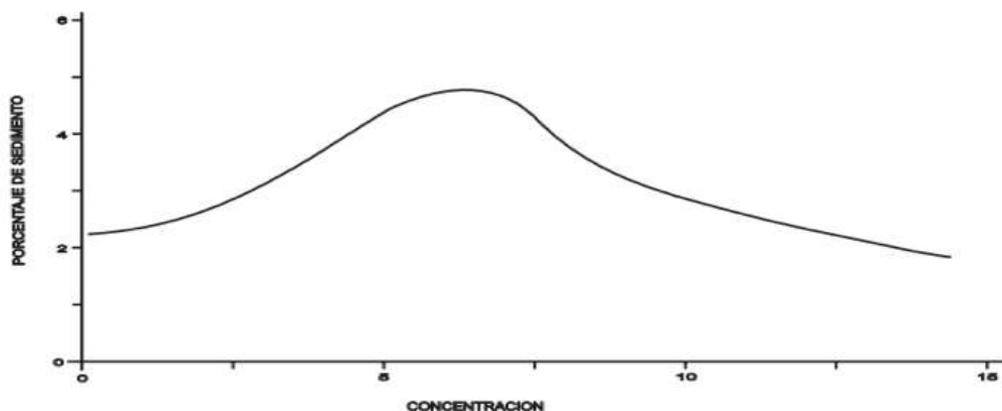


Figura 6. Porcentaje de Sedimento, según la variación de la concentración.

Fuente: Tasnim (2022)

En las soluciones de extracto se forman micelas (conjunto de moléculas constituyentes de los coloides) de distinto tamaño, el cual depende entre otros factores del tipo de extracto y de la concentración del extracto (Ver Fig. 7).

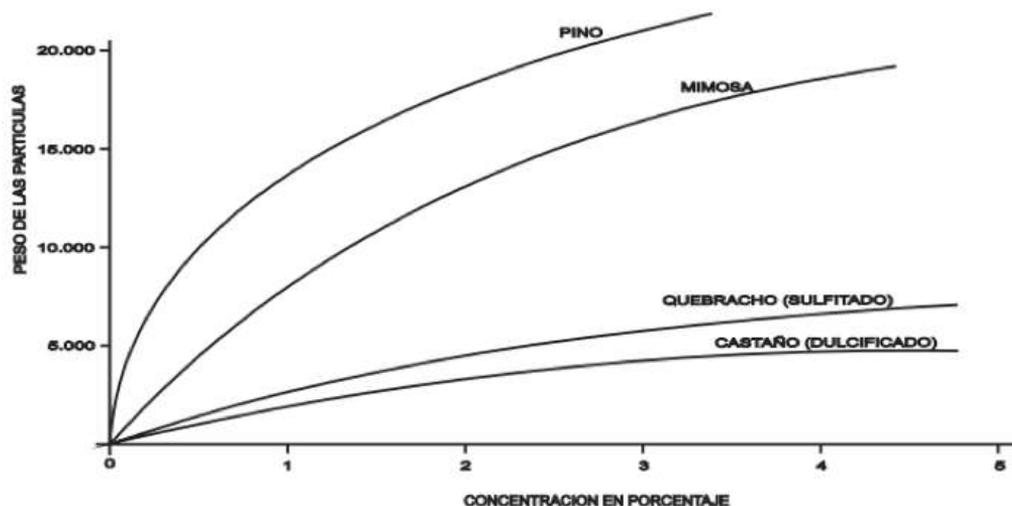


Figura 7. Peso de las partículas, según la variación porcentual de la concentración.

Fuente: Tasnim (2022)

2.2.6. Efecto del pH

Por lo expuesto por Hidalgo (2015), el tipo de disolución tánica habrá más o menos penetración y fijación (Ver Fig. 8).

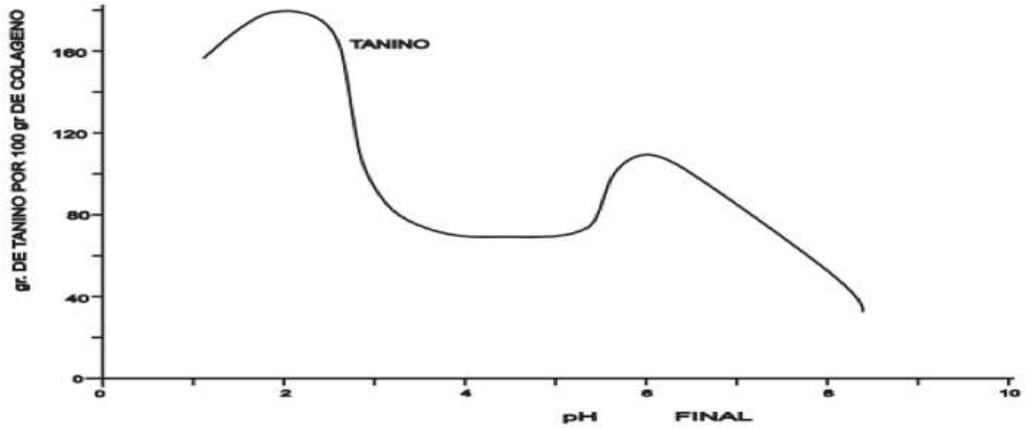


Figura 8. Masa de tanino por 100 g de colágeno, con variación del Ph.

Fuente: Tasnim (2022)

En la zona comprendida entre pH 0 y pH 2, la curva disminuye porque en medio muy ácido el extracto está menos dissociado (Ver Fig. 9):

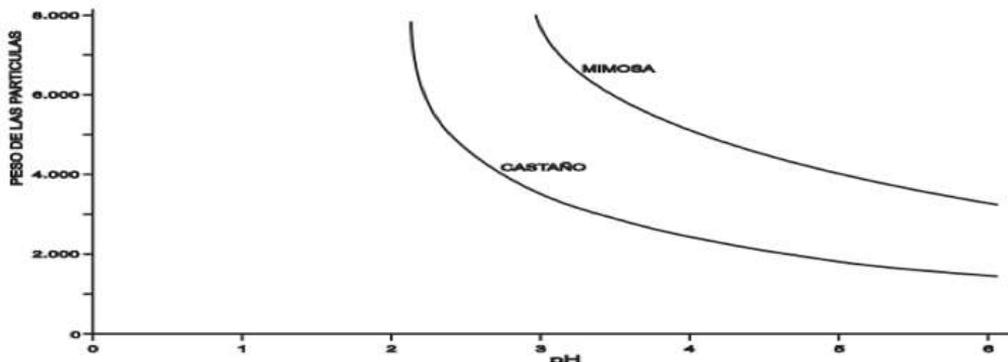
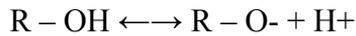


Figura 9. Peso de las partículas, según variación del Ph.

Fuente: Tasnim (2022)

Esto pasa porque al acidificar aumenta el tamaño de la micela, mientras que al basificar disminuye porque aumenta la solubilidad. Debe evitarse superar valores de pH 5,5-6 ya que los taninos se oxidan fuertemente, oscureciéndose mucho. Según sea el extracto, varía un poco la curva, ya que el peso de las partículas es diferente: (Ver Fig. 2.11).

2.2.7. Efecto de las sales neutras

Al añadir sales neutras a las soluciones de extractos tánicos, aumenta el tamaño de las micelas de los taninos, hay precipitación de dichas micelas y varía el pH. Este hecho viene relacionado con la concentración salina y el tipo de sal añadida. Por ejemplo, para el caso del castaño (Tasnim, 2202) (Ver Fig. 10).

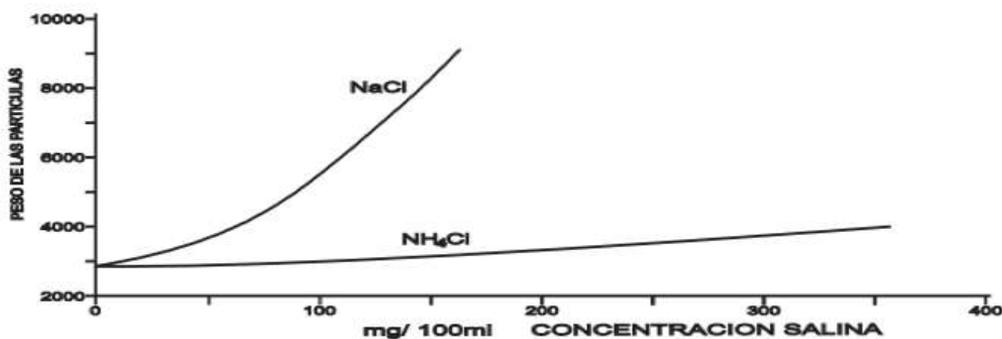


Figura 10. Peso de las partículas, según variación de la concentración salina.

Fuente: Tasnim (2022)

Se ve que mientras la presencia de NaCl hace aumentar considerablemente el tamaño de partícula del castaño, el NH₄Cl lo hace aumentar muy poco. La presencia de NaCl favorece la precipitación, pero según sea el extracto y la concentración de la solución tánica varía el comportamiento (Ver Figura 11 y 12).

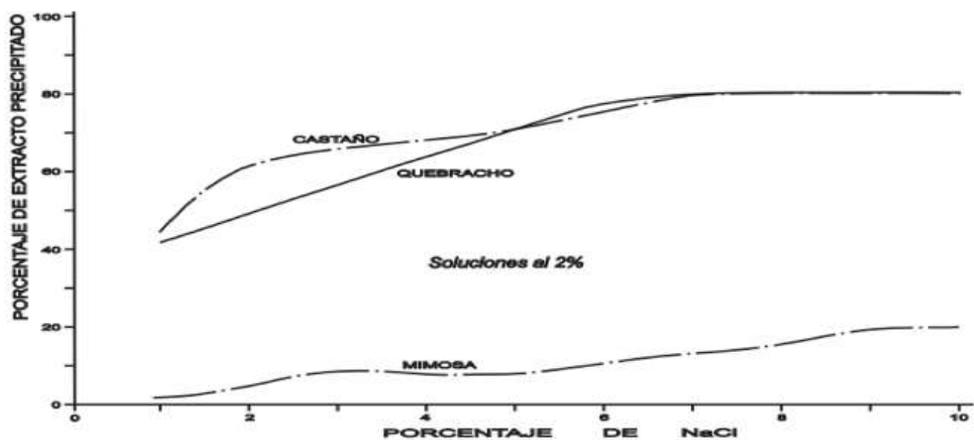


Figura 11. Porcentaje de Extracto precipitado, según variación de la concentración salina de NaCl. Solución al 2%.

Fuente: Tasnim (2022)

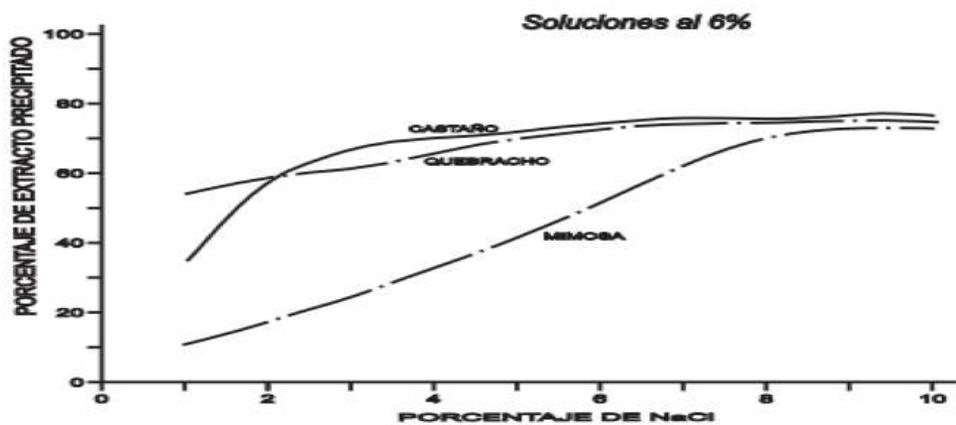


Figura 12. Porcentaje de Extracto precipitado, según variación de la concentración salina de NaCl. Solución al 6%.

Fuente: Tasnim (2022)

Se ve en las gráficas que castaño y quebracho se comportan de forma similar, mientras que la *Caesalpinia spinosa* es menos sensible a la presencia de NaCl, aunque al aumentar la concentración de la solución de *Caesalpinia spinosa* aumenta el precipitado.

2.2.8. Viscosidad

Las soluciones de extracto suelen ser muy viscosas, siendo dicha viscosidad proporcional al estado de agregación molecular y de solvatación de las partículas de extracto. La viscosidad varía notablemente con la temperatura y el pH (ver figura 13).

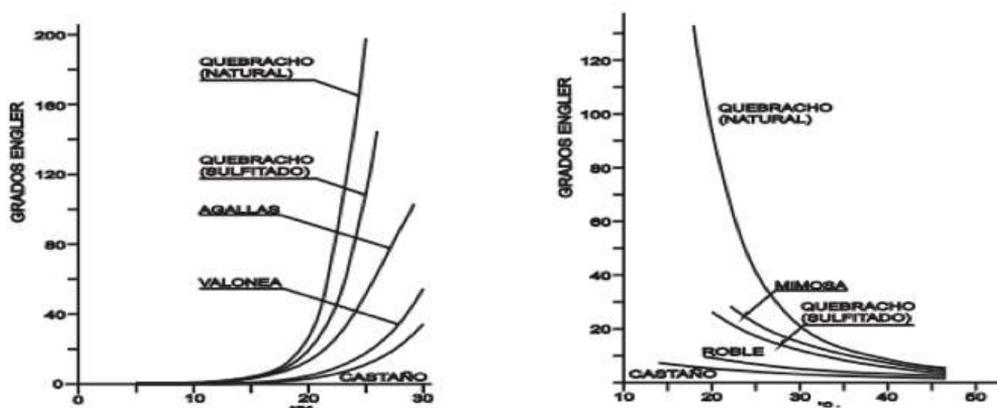


Figura 13. Variación de la viscosidad para diferentes especies vegetales.

Fuente: Tasnim (2022)

La viscosidad de las soluciones de la *Caesalpinia spinosa* y el castaño aumentan aproximadamente un 20% al variar el valor del pH de 2 a 5.

2.2.9. Reactividad de los taninos

De acuerdo con lo expresado por (Ramos, 2015), los taninos vegetales se fijan sobre el colágeno mediante puentes de hidrógeno en un intervalo de pH de 2 a 8. Los grupos -OH de las moléculas tánicas forman enlaces transversales mediante puentes de hidrógeno con los grupos peptídicos del colágeno (ver figura 14).

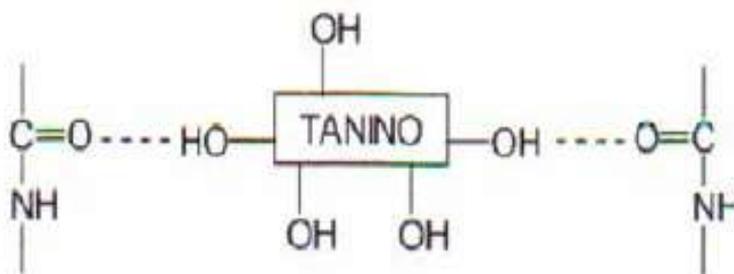


Figura 14. Formación de los enlaces transversales, a través de los puentes de hidrógeno.
Fuente: Ramos (2015)

El tanino curte porque posee varios grupos reactivos y un cierto tamaño mínimo que le permite unir varias fibras a la vez. Por tanto, la cantidad de enlaces transversales depende del tamaño de la molécula polifenólica y del número de grupos -OH presentes. Así, moléculas demasiado pequeñas ($M < 500$) o demasiado grandes ($M > 3000$) no curten (Ramos, 2015).

Sin embargo, las moléculas fenólicas más simples (no taninos) influyen en la curtición penetrando en la piel, bloqueando de forma reversible los grupos reactivos del colágeno y favoreciendo la penetración de los taninos. También influyen los insolubles como p. ej. El ácido eláxico, que se puede depositar entre las fibras de colágeno y aumentar el peso de la piel (rellena) y dar impermeabilidad al cuero.

Al bajar el pH de 5,5 a 2 aumenta la fijación, porque el hinchamiento ácido rompe enlaces cortos y los grupos peptídicos son más accesibles a los taninos (Callejas, 2019)

Cuando los iones hidrógeno se combinan con los grupos COO^- , de las cadenas laterales de la proteína, se produce hinchamiento osmótico; y cuando los grupos ácidos sin disociar del tanino, compiten con los puentes de hidrógeno que existen en la proteína se provoca un hinchamiento liotrópico. Este efecto es el que tiene una influencia más directa sobre la fijación de los taninos. Un aumento de la temperatura produce un aumento del hinchamiento liotrópico y de la fijación de los taninos. En la práctica de la curtición se trabaja entre pH 3,2 y 5. A pH inferiores surgen los siguientes problemas (Callejas, 2019):

- Precipitación, ya que baja la solubilidad de los taninos.
- Mucho hinchamiento. Se deben añadir grandes cantidades de sales para contrarrestarlo.
- Puede producirse hidrólisis acida en el cuero terminado.

Entre pH 5,5 y pH 8 los taninos se oxidan rápidamente. A pH superiores a 8 los grupos fenólicos ($-\text{OH}$) pasan a fenóxidos ($-\text{O}^-$) y con ello pierden la capacidad de formar puentes de hidrógeno. No se descarta que se puedan formar otros enlaces tipo puente de hidrógeno, aparte de los mencionados entre los grupos hidroxílicos de los taninos y los grupos amídicos de la proteína, que es el más importante, en los cuales intervengan otros grupos reactivos, tanto por parte de la substancia piel como de los taninos. También pueden formarse enlaces iónicos entre los grupos $-\text{COO}^-$ de los taninos y los NH_3^+ de las cadenas laterales del colágeno (Hourdebaigt, 2019).

2.2.10. Estudio de la *Caesalpinia spinosa*

Tal y como se afirmaba al inicio del trabajo, las bondades de la *Caesalpinia spinosa* son numerosas e innegables; entre las mismas se podrían citar (Jones, 2020):

- Alto potencial para la reforestación,
- Materia prima para la producción industrial de tintes,
- Y como insumo para las pinturas anticorrosivas,
- Gomas (que se encuentra en el endospermo o parte interna de las semillas, se utiliza para estabilizar y emulsionar alimentos),
- Extracción de taninos (compuestos orgánicos de origen vegetal, tienen una gran aceptación en el mercado exterior. La *Caesalpinia spinosa* es considerada una de las oportunidades de negocios más interesantes del país. Por ejemplo, el Perú – de donde la *Caesalpinia spinosa* es nativa-, produce el 80 % del total mundial.

Se destaca un aspecto importantísimo, que ha sido objeto de este trabajo: los taninos como sustituto viable en la curtición de cueros, lo que ha permitido que los mismos sean reemplazo seguro del cromo en este proceso. Por sus indiscutibles ventajas y utilidades, la *Caesalpinia spinosa* se ha ido expandiendo por toda la América Latina e introducido a países muy lejanos como Marruecos, la India y China, quienes han comenzado a aprovechar las ventajas económicas de esta valiosa especie. Las principales características del polvo de *Caesalpinia spinosa*, son (Gualoto, 2020):

- pH = 3,7
- Taninos Curtientes = 55,2 %
- Taninos No Curtientes = 14,9%
- Cenizas = 3,1%

2.2.11. Estudio de la *Caesalpinia spinosa* en el Ecuador

(Bacardit, 2022), Infiere que en el Ecuador se la ha usado desde tiempos pre-hispánicos, como especie tintórea y desde la época de la colonia fue empleada en el curtido de cueros. Hoy en día, también es muy requerida por sus propiedades curativas. El aprovechamiento de la *Caesalpinia spinosa* comprende: Medicinal: actúa contra la amigdalitis (al hacer gárgaras con la infusión de las vainas maduras) y como cicatrizante cuando se lavan heridas con dicha infusión; además, es utilizada contra la estomatitis, la gripe y la fiebre. Tinte: las vainas de la *Caesalpinia spinosa* contienen una sustancia llamada tanino, la cual es utilizada para teñir de color negro, las raíces pueden teñir de color azul oscuro.

Es interesante notar que existe baja variabilidad de la especie, evidenciado por valores muy similares de heterocigosidad y polimorfismo y que esta variabilidad está distribuida uniformemente entre las poblaciones del Ecuador. La extracción no manejada del recurso (semilla y vaina) tiende a disminuir la variabilidad genética de la población como se observa al comparar los datos de heterocigosidad y polimorfismo de las poblaciones estudiadas; este estudio sugiere que, a pesar de que esta población tiene un número bajo de muestras, las diferencias encontradas para estos parámetros no se debe al tamaño de la población pues éste es igual a la de Perú, la misma que presenta valores de heterocigosidad y polimorfismo similares a las demás poblaciones. La extracción repetida de semillas y vainas en condiciones naturales llevaría a que no se produzca un flujo génico suficiente como para mantener la variabilidad de la población (Garcés, 2017)

Por todo lo anterior, (Barsallo, 2022) afirma categóricamente:

Considerando estos aspectos, es recomendable que, al planificar un programa de forestación productiva se consideren fuentes semilleras diversas para el suministro de semillas para la producción de plántulas, tanto para garantizar la representatividad de la variación genética y no causar una depresión genética por endogamia, como para evitar una presión excesiva sobre las fuentes semilleras, lo cual –como se está observando en la población de Guayllabamba– podría producir la erosión del acervo genético. Es también importante tomar estos dos aspectos en consideración al momento de incentivar un manejo de las poblaciones naturales de la Tara; hay que tomar siempre en consideración que no se debe cosechar el 100% de las vainas

disponibles con el fin de garantizar la sustentabilidad del recurso además de manejar los aspectos reproductivos.

2.2.12. Hidrólisis de taninos

La *Caesalpinia spinosa* en su estructura posee dos tipos de enlaces: depsídicos y estéricos. La hidrólisis de los taninos termina por fragmentar estos enlaces convirtiendo los galotaninos en glucosa y ácido gálico, este resultado se conoce como extracto gálico. Existen tres tipos de hidrólisis para taninos (Ramos, 2015):

- Hidrólisis ácida: Se basa en la ebullición prolongada del extracto tánico con soluciones ácidas generalmente fuertes, la más utilizada es HCl.
- Hidrólisis básica: Se basa en la ebullición prolongada del extracto tánico con soluciones básicas generalmente fuertes, la más utilizada es NaOH.
- Hidrólisis ácida - básica: Al igual que los casos anteriores, se basa en la ebullición prolongada del extracto tánico en combinación con soluciones ácidas- básicas generalmente fuertes, las más utilizadas son NaOH y HCl. En este caso, los átomos se disocian por completo, es decir, la totalidad de los iones H^+ y OH^- están en forma libre, y su concentración dependerá de la concentración del ácido o de la base de donde provienen. Este tipo de hidrólisis destruye completamente los dos enlaces.

2.2.13. Características de las pieles

En refiriéndose a algunas de las características de la piel, afirma que (Hidalgo, 2018):

- La piel está constituida básicamente por: agua 64%, proteínas 33%, grasas 2%, sustancias minerales 0.5%, otras sustancias 0.5%;
- las proteínas pueden diferenciarse en: colágeno 94-95%, elastina 1%, queratina 1-2% y el resto proteínas no fibrosas.
- Además, de contaminación externa como orina, estiércol, tierra y otros.
- Si una piel, tal y como se separa del animal, se abandona en ambiente cálido y húmedo, comienza en ella un proceso de putrefacción (esto se puede evitar añadiendo una solución bactericida, pero de cualquier forma, al secarse se convierte en un producto coriáceo sin ninguna flexibilidad).
- La piel separada del animal debe ser lavada tan pronto como sea posible, pues la suciedad y sangre del suelo de los mataderos producen rápidas contaminaciones bacterianas capaces de provocar un deterioro tan grande que nunca se pueda obtener de ella un cuero de calidad. Una vez lavada, se extiende en el suelo limpio, dejando hacia arriba la parte de la carne, sobre la que se añade sal común en la proporción de 0,5 a 1 kg (en granos de 1 a 3 milímetros de diámetro) por cada kilogramo de piel.

(Puente, 2018) manifiesta que para su conservación, conviene añadir anti-sépticos, con los que se consigue conservarla durante largos períodos de tiempo, siempre que las condiciones de humedad y temperatura sean favorables. El paso anterior al proceso de curtición; es decir, la producción de pieles crudas, es el que adolece de los peores niveles de tecnología industrial, es más, ésta es casi inexistente. La piel fresca de cabra, en algunos aspectos se parece a la vacuna, en otros a la de la oveja. Sin embargo, en conjunto la piel tiene una estructura característica. La epidermis es muy delgada. La capa de la flor ocupa más de la mitad del total del espesor de la dermis. Las glándulas y las células grasas que son las responsables de la esponjosidad del cuero de oveja son mucho menos abundantes en las pieles de cabra. Esto ha provocado que la calidad de este producto, según varios estudios realizados, sea baja; llegándose inclusive a considerar a la piel y cuero ecuatorianos entre los de menor calidad en América Latina.

Se puede mecanizar el trabajo de traslado de una tina a otra colgando las pieles en marcos que se mueven mediante un puente-grúa. Generalmente se mueven las pieles con balancines para acelerar el proceso de penetración y dar más uniformidad al cuero. Se debe controlar el °Bé y el pH de cada tina. Como más alto sea el pH final, más flexible será el cuero. En las tinas con recirculación no se mueven las pieles sino el líquido mediante una bomba. El baño se mantiene a concentración constante reforzándolo diariamente (Hinostrosa, 2023).

Estas tinas suelen poderse calentar para mantener durante todo el año las mismas condiciones de curtición (p. ej. 25 - 30°C). Son tinas de penetración, pero con el licor más concentrado que en el tren de tinas (p. ej. 12 - 15.5°Bé y pH = 3.2 - 3.6). En las tinas calientes, la temperatura oscila entre 38 - 40°C, los baños son muy concentrados (p. ej. 14.5 - 18°Bé) y el pH es bajo (p. ej. a 3.1 - 3.5). Son tinas de fijación. En las tinas calientes el cuero también se mueve de una tina a otra con licor más concentrado. La duración es muy variable, según la preparación del cuero, el número de tinas usadas, etc. y hay desde sistemas con una duración de 10 días hasta otros con una duración de 3 meses o más (Jones, 2020).

2.2.14.1. Curtición mixta tina-bombo

En este sistema se hace penetrar el tanino en la tina para luego realizar la fijación final en el bombo. También existe la posibilidad de precurtir con sintán antes de empezar a curtir. Una posibilidad se ilustra en la figura 16:

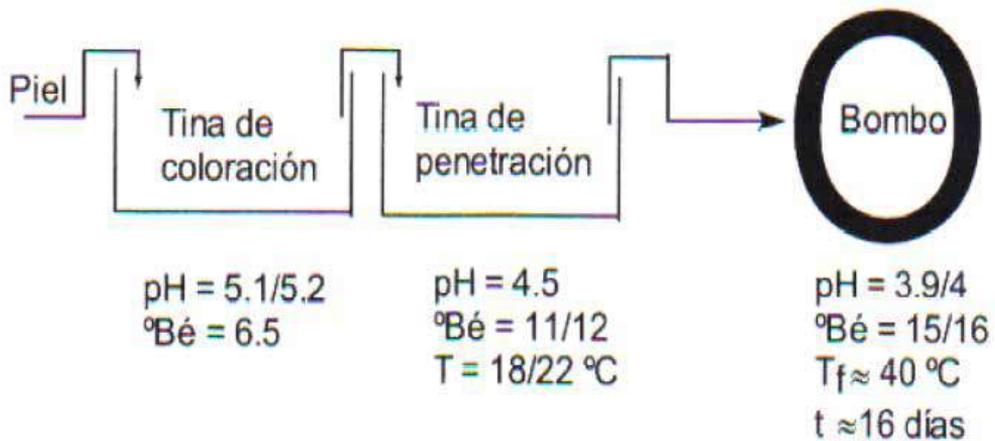


Figura 16. Representación esquemática del balance de masa durante el proceso de curtición.

Fuente: Chávez (2015)

2.2.14.2. Curtición a bombo

Son las curticiones más rápidas, debido a la fuerte acción mecánica del bombo. Pueden realizarse con baño o en seco. Con baño, se suele realizar poniendo las pieles ya precurtidas en un baño residual de una curtición anterior y añadiendo a tomas los taninos, bien solos o mezclados con sintéticos, dispersantes, grasas, etc. Se deja pasar un tiempo entre toma y toma para aumentar gradualmente la concentración del baño. La temperatura se puede controlar o bien mediante el efecto mecánico propio del bombo o mediante una resistencia calefactora. Se termina la curtición a 39~40°C para obtener una buena fijación. También se puede acidificar al final hasta pH = 3.9-4 con H-COOH para aumentar la fijación de taninos (Gomez, 2023)

2.2.15. Curtición en seco

Debido a que en una curtición en seco sale de la piel alrededor de un 20-25% de agua calculado sobre el peso tripa, la piel debe estar precurtida, ya que si no se sobrecurtiría la flor provocando una curtición muerta. La precurtición puede hacerse con cromo, aluminio, productos sintéticos, etc. Al haber más efecto mecánico, debe vigilarse de no pasar de los 40°C, aunque en la fase final de la curtición debe llegarse a esta temperatura para obtener buena fijación. Se añade el extracto en tomas y de tal manera que se disuelva en el agua eliminada de la piel en las etapas iniciales, sin que llegue a formar una pasta espesa que evite la penetración del extracto (Perez, 2022)

Para proceder a realizar las Operaciones posteriores el cuero ya curtido se apila para que se fijen los taninos y luego se lava para eliminar el exceso de tanino no fijado y evitar las roturas de flor. En el caso concreto de la suela, en una operación posterior de recurtición pueden añadirse diversos productos para mejorar el producto final. Puede añadirse sulfato de magnesio (MgSO_4) anhidro para que los taninos no fijados precipiten con el Mg^{2+} . También se puede añadir $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ (metabisulfito sódico) para evitar la oxidación de los taninos. Para complejar los iones metálicos y que no den manchas por reacción con los taninos se puede añadir EDTA o también ácido oxálico. La selección de las muestras se realizó en los diferentes mercados de la zona central del país para elegir las pieles que presenten mejores estándares de calidad, sin mayor porcentaje de imperfecciones; tales como: rasguños, marcaciones físicas, ataque bacteriano, entre otros (Flores, 2019).

2.2.16. Beneficios ambientales del uso de curtientes vegetales frente al cromo

La industria del curtido tradicionalmente ha dependido de sales de cromo para estabilizar las proteínas del cuero, lo cual genera altos niveles de contaminación en efluentes y residuos de difícil manejo. En contraste, los curtientes vegetales —como los extraídos de tara, quebracho, castaño y mimosa— ofrecen

alternativas más sostenibles, especialmente relevantes al procesar pieles de animales de interés zootécnico: bovinos, caprinos, ovinos y especies menores como conejos y cuyes. A continuación, se desglosan los principales beneficios ambientales asociados a los taninos vegetales, explorando indicadores de reducción de metales pesados en efluentes, compostabilidad de residuos, menor toxicidad laboral y resultados de análisis de ciclo de vida (ACV) en parámetros como DBO, DQO y cromo residual (Hussein, 2021).

2.2.17. Reducción de Metales Pesados en Efluentes

Uno de los aspectos más críticos del curtido al cromo es la liberación significativa de sales de cromo trivalente (Cr III) en los efluentes acuosos. En el proceso convencional (Curtiembre “Wet Blue”), se calcula que entre 2 y 5 kg de sales de cromo terminan en el agua por cada tonelada de piel bovina cruda, cifra que se aproxima al 40–50 % del cromo inicialmente aplicado, exacerbando la carga de metales pesados en fuentes hídricas receptoras. Para pieles de caprinas y ovinas, aunque la magnitud total de efluentes es menor por volúmenes procesados, la concentración de cromo puede ser similar, agravando la toxicidad en ecosistemas locales (Puente, 2018).

En contraste, los curtientes vegetales casi eliminan la presencia de cromo residual, dado que apenas se utilizan sales minerales; los efluentes resultantes suelen presentar concentraciones de cromo inferiores a 10 mg/L (expresado como Cr total), muy por debajo de los límites permisibles en regulación ambiental, lo que facilita procesos de tratamiento biológico y reduce la toxicidad en cuerpos de agua. Para pieles de conejos y cuyes, cuyo curtido ocurre frecuentemente a pequeña escala, el uso de taninos vegetales minimiza el riesgo de contaminación por metales pesados, evitando la acumulación de cromo en suelos agrícolas cercanos cuando se emplea agua sin tratamiento exhaustivo (Zambrano, 2019).

2.2.18. Posibilidad de compostaje de residuos

Los residuos generados en el proceso de curtición se componen principalmente de recortes de piel, rebajaduras y sólidos orgánicos. En el curtido al cromo, las rebajaduras (*shavings*) contienen cromo ligado a las fibras de colágeno, impidiendo su incorporación en prácticas de economía circular como el compostaje, pues el metal pesado persiste y puede bioacumularse en suelos y plantas. En cambio, las rebajaduras de curtición vegetal son ricas en materia orgánica y taninos que, tras un pretratamiento de desalinización y secado, pueden incorporarse en pilas de compostaje sin elevar sustancialmente las concentraciones de metales pesados; estudios en compostaje industrial demuestran que los residuos vegetales sólo incrementan trazas de metales dentro de los rangos seguros para uso agronómico, siempre que se mantenga un adecuado control del pH y de la relación carbono/nitrógeno durante el proceso (Castro, 2021).

En el caso de pieles bovinas y caprinas, las rebajaduras tienden a mayor volumen, por lo que la compostaría posibilita transformar estos subproductos en enmiendas ricas en nutrientes; para pieles ovinas, conejiles y de cuyes, la proporción de residuos es menor, pero de fácil incorporación, contribuyendo a cerrar ciclos de nutrientes en granjas mixtas donde se produce estiércol y residuos vegetales simultáneamente (Costa, 2022).

2.2.19. Toxicidad para el trabajador

El curtido al cromo implica el manejo de sales solubles y reactivos en ambientes ácidos, lo cual aumenta la exposición ocupacional a vapores y partículas de cromo trivalente. Aunque el Cr III es menos tóxico que el Cr VI, puede oxidarse bajo ciertas condiciones a Cr VI, con riesgos mutagénicos y carcinogénicos reconocidos para el personal de curtiduría. Por el contrario, los curtientes vegetales —taninos obtenidos de cortezas, frutos o semillas— presentan baja volatilidad y menor potencial de oxidación tóxica, reduciendo la incidencia de dermatitis, irritación respiratoria y riesgos a largo plazo asociados a metales pesados (Garcés, 2017).

Las “Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad en el curtido y acabado del cuero” del Grupo Banco Mundial señalan que los taninos vegetales, a diferencia de algunos sintanes y resinas, tienen alta biodegradabilidad y bajo riesgo para la salud humana, disminuyendo la frecuencia de eventos adversos en los operarios. Este beneficio es especialmente notable en plantas pequeñas de curtido de pieles de conejos y cuyes, donde la infraestructura para ventilación y control de polvo suele ser limitada, amplificando el valor de métodos de curtido menos agresivos (Faccini, 2022).

2.2.20. Análisis de ciclo de vida (ACV) e impactos en DQO, DBO y cromo residual

Diversos estudios de ACV demuestran que el proceso de curtido vegetal reduce significativamente el impacto ambiental a lo largo de todas sus etapas, en comparación con el curtido al cromo. En el trabajo “Análisis del ciclo de vida de un cuero vegetal hidrofugado”, se comparan las huellas hídricas y de contaminación de dos procesos de curtido vegetal (convencional e hidrofugado), concluyéndose que la carga de DQO y DBO en efluentes es hasta un 30–40 % menor en curtido vegetal convencional respecto a procesos que incluyen pretratamientos químicos agresivos, y que el consumo energético global se reduce al eliminar etapas de precipitación y recuperación de cromo (Fabara, 2021).

Aunque dicho estudio no aborda directamente el curtido al cromo, puede inferirse que la ausencia del paso de estabilización con sales de Cr III disminuye la demanda química de oxígeno (DQO) y la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) en el efluente, dado que las sales metálicas contribuyen a la materia inorgánica no biodegradable. Por su parte, informes sectoriales de normas ambientales (Libro VI de la Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes) reportan que las plantas que emplean taninos vegetales suelen cumplir fácilmente con límites de $DBO_5 < 300$ mg/L y $DQO < 1000$ mg/L, mientras que las curtiembres al cromo pueden presentar valores de DBO_5 superiores a 1500 mg/L si no cuentan con sistemas de tratamiento avanzados (Hussein, 2021).

Con relación al cromo residual, el BREF Curtidos de la PRTR España indica que el curtido al cromo convencional deriva en concentraciones de Cr total en efluentes cercanas a 10–50 mg/L, mientras que en procesos de curtido vegetal estas cifras son ínfimas (< 1 mg/L), facilitando el cumplimiento normativo y la reducción de toxicidad acuática (Hinostrosa, 2023).

2.2.21. Aplicación en pieles bovinas

En curtido de piel bovina, los volúmenes procesados suelen ser altos, lo cual intensifica tanto la generación de efluentes como la cantidad de rebajaduras. El uso de taninos de tara o quebracho en el curtido bovino reduce hasta en un 50 % los metales pesados presentes en aguas residuales, comparado con el curtido al cromo, ya que se evita la adición de sales de Cr en la fase de estabilización del colágeno. El ACV aplicado a lotes de piel bovina evidencia que el ahorro de energía en la etapa de lavado y recuperación de cromo (propia del curtido al Cr) disminuye en alrededor de 15 % el consumo total por metro cuadrado de cuero procesado. Además, las rebajaduras bovinas, al ser ricas en proteínas ligadas a taninos, pueden incorporarse al compostaje sin exceder los límites de metales pesados, contribuyendo a la producción de abonos orgánicos de calidad para suelos agrícolas cercanos (Asto, 2017).

2.2.22. Aplicación en pieles caprinas y ovinas

Las pieles caprinas y ovinas, por su menor grosor y superficie, requieren tiempos de curtido ajustados para garantizar penetración uniforme del curtiente vegetal. Estudios comparativos muestran que el curtido con taninos extraídos de castaño u oak reduce la DBO5 hasta en un 25 % en efluentes de efluentes ovinos y caprinos, frente a procesos con sales de cromo, lo cual facilita la operación de lagunas de estabilización y reduce costos de tratamiento. Asimismo, la elasticidad propia de las pieles ovinas se potencia con extractos vegetales, generando cuero

de alta calidad para vestimenta y calzado artesanal. Las rebajaduras de curtido vegetal en caprinas/ovinas (con una proporción aproximada de 35 % de sólidos de cuero y 40 % de humedad) pueden compostarse con otras fracciones orgánicas sin superar valores de metales pesados superiores a 2 mg kg^{-1} en el compost final, según criterios de la legislación chilena de compostaje (Corrales, 2023)

2.2.23. Aplicación en pieles de conejos y cuyes

Los curtidos de pieles de conejos y cuyes suelen implementarse en talleres pequeños o familiares, donde la infraestructura para tratamiento de efluentes es reducida. En estos entornos, el uso de taninos provenientes de maderas locales o materiales agrícolas (cáscaras de árbol de tara) implica menor generación de sustancias peligrosas: los efluentes presentan DQO y DBO por debajo de 800 mg/L y 300 mg/L, respectivamente, facilitando su disposición en fosas sépticas o decantadores simples. Además, la baja inversión requerida para el curtido vegetal y la posibilidad de reutilizar el residuo de curtido (rebajaduras secas) en la elaboración de compost hogareño promueven prácticas cero desperdicio en pequeñas comunidades rurales (Artigas, 2021).

La menor exposición a reactivos ácidos y metales pesados también genera ambientes de trabajo más seguros para artesanos locales, reduciendo casos de dermatitis y afecciones respiratorias asociadas con sales de cromo. En conjunto, el uso de curtientes vegetales frente al cromo comporta beneficios ambientales sustanciales: disminuye la liberación de metales pesados en efluentes, habilita el compostaje de residuos de curtido, reduce la toxicidad ocupacional y optimiza resultados en análisis de ciclo de vida, evidenciando menores indicadores de DQO, DBO y cromo residual. Estas ventajas se aplican transversalmente a pieles bovinas, caprinas, ovinas y especies menores (conejos y cuyes), contribuyendo a una industria del cuero más sostenible y alineada con principios de economía circular (Arcos, 2023).

CAPÍTULO III. RESULTADOS DE LABORATORIO

3. RESULTADOS DE LABORATORIO

3.1. Pruebas físicas y sensoriales de los cueros curtidos con diferentes niveles de tara

3.1.1. Resistencia a la tensión

Los valores medios reportados por la resistencia a la tensión de los cueros ovinos registraron diferencias altamente significativas ($P < 0,01$), por efecto de la aplicación de curtientes de diferente naturaleza, estableciéndose las mejores respuestas cuando se curtió las pieles ovinas con tara (T1), con resultados de $1700,78 \text{ N/cm}^2$, seguido por el lote de cueros curtidos con tanino sintético (T3), con valores de $1071,50 \text{ N/cm}^2$; y, la más baja resistencia a la tensión fue registrada al curtir las pieles ovinas con cromo (T2), con respuestas de $798,39 \text{ N/cm}^2$; en la tabla 5, se indica la evaluación de las calificaciones sensoriales de los cueros ovinos curtidos con curtientes de diferente naturaleza

Tabla 5: Evaluación de las calificaciones sensoriales de los cueros ovinos curtidos con curtientes de diferente naturaleza

Resistencias físicas	Tipo de curtiente orgánico			Prob.	Sign.
	Tara T1	Cromo T2	Curtiente sintético T3		
Resistencia a la tensión N/cm ²	1700,78 a	798,39	1071,50 a	0,0001	**
Porcentaje de elongación, %	70b	58,44c	76,56 a	0.0001	**
Lastometria, mm	11,23	9,39	10,58		

a: Promedios con letras iguales en la misma fila no difieren estadísticamente $P > 0,05$

abc: Promedios con letras diferentes en la misma fila difieren estadísticamente $P < 0,01$

EE: Error estadístico.

Prob: probabilidad

Al respecto (Soler, 2021), señala que, el extracto de tara contiene taninos pirogálicos que son los que realizan la curtición de las pieles formando enlaces covalentes muy estables, logrando que el cuero resista las fuerzas externas aplicadas en el momento de la confección del artículo final. En la curtición se producen fenómenos químicos complejos, gracias a que en los procesos anteriores se transforma la composición natural de la piel y preparan a las fibras de colágeno, a combinarse con los curtientes, luego de realizar los controles necesarios como son la medición del pH, humedad, temperatura para conseguir la estabilidad en la reacción.

Cuando se curte las pieles con taninos pirogálicos que son numerosos en el curtiente tara y que tienen la misma naturaleza de las fibras de colágeno, se forman enlaces de tipo covalente por medio de la interacción de los electrones, con esto el enlace que son estables, ya que se mantiene unido por fuerzas eléctricas que permiten que los cueros resistan fuertemente las tensiones, evitando el rasgamiento y rotura, aumentan los valores de resistencia a la tensión, siendo superior sobre los curtientes a comparar T2 y T3 (cromo y sintético), que forman otro tipo de enlace de la piel menos estables

Según la Asociación Española en la industria del cuero que en su norma técnica IUP 6 (2002), (AQUEIC, 2022) menciona que los cueros deben cumplir con valores de resistencia a la tensión de 750 N/cm², para ser considerados de buena calidad, respuesta que está siendo cumplida por las tres opciones de curtientes de diferente naturaleza y que si se requiere cueros de elevada calidad se debe ajustar los niveles de curtiente utilizado eligiendo la tara como mejor opción. Al comparar los resultados de tensión alcanzados en la presente investigación con los reportes de (Altamirano, 2019) quien obtuvo una media de 3703,10 N/cm², al curtir pieles con el 16% de tara en combinación con tanino sintético, se aprecian que son superiores, esto denota el poder curtiente de la tara y la elevada calidad que le otorga a las pieles en cuanto a la resistencia a la tensión.

3.1.2. Porcentaje de elongación

El análisis del porcentaje de elongación registró diferencias altamente significativas ($P < 0,01$) entre medias, por efecto de la utilización de curtientes de diferente naturaleza, estableciéndose las mejores respuestas al curtir las pieles con tanino sintético (T3), con resultados de 76,56%, y que disminuyeron hasta alcanzar valores de 70,00%; cuando se realizó la curtición de las pieles ovinas con tara (T1), mientras tanto que la elongación más baja se registró en la curtición de pieles ovinas con cromo (T2), con respuestas de 58,44.

De acuerdo a los resultados expuestos se pueden evidenciar que las mejores respuestas a la prueba física porcentaje de elongación de las pieles ovinas se registraron al curtir con curtiente de naturaleza sintética, lo que es corroborado según (Arcos, 2023) quien manifiesta que los curtientes sintéticos no son muy astringentes con la piel y el hinchamiento no es exagerado, se permite que las fibras de colágeno transformadas se desplacen en el plano, cuando se presentan fuerzas de estiramiento y regresen a su sitio original sin que se rompan el entretejido interfibrilar ya que no existe un rozamiento considerable entre ellas característica que le otorga la curtición con curtiente sintético, sobre los extractos de tara y mucho más aun sobre los cueros con cromo.

Además (López, 2022) manifiesta que una buena curtición de las pieles también dependerá del tamaño del enlace y de la resistencia que forman los cueros con los curtientes sintéticos que es de tipo covalente, usado junto con curtientes vegetales, aceleraba el proceso de curtición, aclara el color del cuero y disminuye la formación de lodos en los baños de curtición, debido a que proporcionan mayor flexibilidad al cuero, son sustancias que emulan el comportamiento y la naturaleza de los taninos pirogálicos que son los extractos curtientes vegetales, al reaccionar de manera satisfactoria con las pieles, el tamaño del enlace no es considerable ya que el curtiente sintético no presentan un peso molecular elevado, su tamaño es menor; también no son astringentes con las pieles debido a que son de la misma naturaleza, solo se debe controlar de manera adecuada el flujo de pH y humedad ya que son muy susceptibles a estos factores. La aplicación de sintéticos sobre pieles en piquel es una práctica muy extendida principalmente en artículos como la tapicería sin cromo y precurticiones vegetales, utilizándose solos y/o con aldehídos

Los estándares de la norma internacional IUP 8 (2002), (AQUIEC, 2022) establece como valor mínimo de porcentaje de elongación de 55%; normativa que se cumple en los tres tratamientos. Al comparar estas medias con las reportadas por (Chapalbay, 2023) de 86,10%, al realizar la curtición de pieles ovinas con el 2% de glutaraldehído y que son superiores a las reportadas en la presente investigación.

3.1.3. Lastometría

La valoración de la lastometría registró diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre medias, estableciéndose las mejores respuestas cuando se curtió las pieles ovinas con extracto de tara (T1), con valores de 11,23 mm y que disminuyeron a valores 10,58 mm, cuando se curtió las pieles con extracto sintético (T3); mientras tanto, que las respuestas más bajas se consiguieron cuando se curtió las pieles con cromo (T2), con valores de lastometría promedio de 9,39 mm, es decir que para mejorar las condiciones de lastometría en los cueros ovinos se debe utilizar como curtiente la tara sobre los otros dos curtientes ensayados en la

presente investigación, ya que como se ha explicado anteriormente la tara contiene taninos pirogálicos que logran un mayor rendimiento sobre la transformación de las pieles así como enlaces que son más estables, que aumentan las prestaciones físicas del cuero, son poco astringentes, y no cambian otras características del cuero que son importante, esto genera que el curtiente vegetal pueda ser utilizado sobre los otros dos tipos de curtición y mejoran las condiciones notablemente del cuero.

Los resultados expuestos son explicados según lo que indica (Soler, 2021) quien manifiesta que la tendencia natural de las pieles curtidas al vegetal es tener menores resistencias al desgarro, a la tracción y de la flor que las pieles al cromo debido a que las fibras entre ellas están ligeramente pegadas entre si y no se deforman tanto frente a las fuerzas exteriores. No obstante, si las pieles están suficientemente engrasadas el extracto que está entre las fibras se ha plastificado y las resistencias pueden ser del orden de las que tendrían las pieles curtidas al cromo. La prueba de lastometría es una combinación del porcentaje de elongación y la resistencia a la tracción, ya que mide el grado de fricción o roce que soporta un cuero en la confección o el uso diario. El curtiente tara tiene la capacidad de precipitar el colágeno a través de su alto contenido en taninos pirogálicos, así como también las proteínas; esto sirve para el curtido de pieles.

En ese sentido, los taninos se intercalan entre las fibras de colágeno, estableciendo uniones que permiten crear una gran resistencia frente al agua y el calor, haciendo que la piel se convierta en cuero. Esta combinación de los taninos con proteínas de la piel, forman precipitados resistentes a la putrefacción, lo cual priva a las bacterias contaminantes de su sustrato nutritivo. Es decir que la tara le confiere al cuero tratado resistencia, elasticidad e impermeabilidad además que lo preserva debido a sus propiedades antisépticas. Considerando estos antecedentes, los ácidos que se obtengan serán utilizados en la curtiembre para promover un ambiente sano disminuyendo la utilización del cromo.

Los valores referenciales para la lastometría de los cueros ovinos según la norma técnica IUF 450 (2002), de la Asociación Española en la Industria del Cuero, (AQUEIC, 2022) son mínimo 7,5 mm, antes de producirse el primer daño en la superficie del cuero y que están siendo cumplidas por los tres lotes de cuero de la presente investigación, pero esta diferencia es mayor al utilizar el curtiente tara, en las pieles ovinas. Los resultados de la presente investigación son superiores a los que reporta quien al utilizar 5% de diferentes extractos para obtener

el tanino de tara registró valores de 10,59 mm, que son inferiores a las respuestas de la presente investigación debido a que mientras mayor sea el nivel del que son in extracto de tara mayor será la conversión que exista de las moléculas de colágeno, y se mejorará la resistencia del enlace formado, así como de (Guacho, 2023) quien al evaluar diferentes niveles de glutaraldehído reportó en piles ovinas una media de lastometría de 8,67 mm, para cueros destinados a la confección de marroquinería.

3.1.4. Llenura

La apreciación sensorial del cuero ovino determinó que para la variable llenura se reportaron diferencias altamente significativa ($P < 0,01$), registrándose las mejores respuestas cuando se curtió las pieles con extracto de tara (T1), con puntuaciones de 4,75 puntos, y calificación excelente de acuerdo a la escala propuesta por (Hidalgo, 2022) a continuación se aprecian las respuestas alcanzados por el lote de cueros curtidos con el agente curtiente cromo (T2), ya que las medias fueron de 4,13 puntos, y calificación muy buena según la mencionada escala en tanto que las respuestas más bajas fueron registradas al curtir las pieles con curtiende sintético (T3), con valores de llenura iguales a 3,38 puntos y calificación buena como se indica en la tabla 6..

Es decir; que al utilizar, extractos de tara se consigue una mejor ponderación de llenura sobre la curtición con cromo y curtiende sintético, ya que según (Jones, 2020), las moléculas de taninos pirogálicos que son las que generan la transformación química son de tamaño elevado y reaccionan notoriamente con el colágeno de la piel, esto genera que en el seno de la reacción se ubiquen curtidas más cantidad de moléculas de colágeno para generar un hinchamiento satisfactorio y una llenura exitosa, pero hay que controlar el nivel de tara utilizado ya que se puede generar una llenura excesiva esto como se indicó anteriormente no es satisfactorio para la curtición de cueros que sean destinados a la confección de calzado y otras prendas de vestir.

Tabla 6: Evaluación de las calificaciones sensoriales de los cueros ovinos curtidos con curtientes de diferente naturaleza

Calificaciones sensoriales	Tipo de curtiente			EE	Prob
	Tara T1	Cromo T2	Curtiente sintético		
Llenura, puntos	4,75 a	4,13 a	0,0032	0,19	0,0002
Blandura, puntos	4,88 a	3,88 b	0,0006	0,24	0,0032
Redondez, puntos	4,63 a	4,00 b	3,25 b	0,21	0,0006

a: Promedios con letras iguales en la misma fila no difieren estadísticamente $P > 0,05$

abc: Promedios con letras diferentes en la misma fila difieren estadísticamente $P < 0,01$

EE: Error estadístico.

Prob: probabilidad

(Basantes, 2020), manifiesta que otra forma de evaluar la calidad de las pieles es mediante la evaluación de las pruebas sensoriales, donde un experto califica los cueros y determina sus cualidades y le otorga respuestas a las características, en la valoración de la llenura se evalúa que cantidad del agente curtiente que ha logrado penetrar y que son convertidas mediante interacciones químicas, mientras más llenas se encuentren las pieles mayor ha sido la conversión del colágeno, pero hay que tener cuidado con esta características ya que la llenura puede afectar directamente a las pruebas físicas es decir no es óptimo que un cuero se encuentre muy lleno ya que disminuirá la resistencia a la tensión, también se perderá pietaje puesto que para disminuir la llenura de los cueros se procede al descarnado y rebajado en donde mediante el efecto mecánico se elimina el exceso de piel en la flor pero genera pérdidas ya que los residuos no pueden ser utilizados de nuevo para curtir.

La tara, 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 más alta que la conseguida con cualquier otro tanino vegetal. Mezclado con otros extractos, la tara se presta bien para el curtido de pieles de, cabra, reptil, ovinos, entre otras y para el recurrido de toda clase de curtidos al cromo, ya bien sean para plena flor o corregida, principalmente para tonos claro o pastel.

Debido al relleno que da la curtición vegetal la flor no tiene tendencia a ser fina, pero como no es muy elástica conserva muy fácilmente el afinado de la má-

quina de repasar y por ello la flor puede ser tan fina como en las pieles al cromo. Los extractos vegetales al dar compacidad favorecen el esmerilado y por lo tanto pieles curtidas al vegetal se esmerilan bien dando felpas cortas tanto en el caso de suela como si se deseara hacer un ante o un nobuk curtido al vegetal. Esto hace que la curtición con extractos vegetales sea adecuada para cueros que deban tener una llenura aceptable.

Los reportes de llenura del cuero ovino en la presente investigación inferiores al ser comparados con las que registra quien obtuvo valores medios de 4,70 puntos bajo la misma escala de calificación, cuando realizó la curtición de las pieles con el 7% de tara en combinación con órgano-cromo, pero son inferiores a los registros de (Auquilla, 2012) quien al evaluar diferentes niveles de glutaraldehído reportó la llenura más alta al utilizar 12% de glutaraldehído (T3), con un valor en sus medias de 4.67 puntos y calificación excelente.

3.1.5. Blandura

En la valoración sensorial de la calificación de blandura de las pieles ovinas se reportaron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre medias, por efecto de la curtición con curtientes de diferente naturaleza, estableciéndose las mejores respuestas cuando se utilizó extractos de tara (T1) con ponderaciones de 4,88 puntos, y calificación excelente de acuerdo a la escala propuesta por (Hidalgo, 2022) a continuación en forma descendente se ubicaron las respuestas establecidas en el lote de cueros curtidos con agente mineral cromo (T2), ya que los resultados fueron de 3,88 puntos y calificación muy buena según la mencionada escala mientras tanto que las respuestas más bajas fueron registradas cuando se curtió las pieles ovinas con curtiente sintético (T3), con calificación de 3,63 puntos y ponderación muy buena.

Es decir que para obtener las mejores respuestas a la prueba sensorial blandura se debe curtir con tara, esto debido a la alta afinidad que el curtiente presenta con las fibras de colágeno debido a las características similares que presentan y, aumenta el fenómeno de hinchamiento y de transformación de las pieles logrando enmascarar fenómenos adversos que se tengan por efecto de la mala calidad

de la materia prima, con esto se genera una calidad elevada de las pieles y se logra impactar a los sentidos de los consumidores.

Los resultados expuestos de blandura tienen su fundamento en los indica (Costa, 2022) quien manifiesta que los taninos presentes en la tara son hidrosolubles, que facilita la penetración a la estructura interna de las fibras de colágeno así como también por su alto contenido de taninos que se combinan con los aminoácidos que conforman las cadenas superficiales de la piel lo que permite que los taninos penetren al interior de la estructura fibrilar y no existe una atracción entre las fibras lo que da blandura y caída a la piel.

El contenido en taninos de la tara varía mucho según las distintas condiciones ecológicas en que se encuentre la planta, estando comprendido entre 35 % y 55 %. El tanino contenido en las vainas de tara es de singular valor para la obtención de curtidos de color claro, debido a que da poco color al cuero y además es muy apropiado para las pieles de oveja, produciendo cuero suave casi blanco. La utilización de estos principios en el curtido se debe a la particularidad de convertir una piel en cuero. Un cuero debidamente curtido tiene la ventaja de ser flexible y durable.

Según el elemento curtiente utilizado, los cueros además de tomar un color característico, se toman inmunes contra el ataque de agentes externos (virus, bacterias, hongos) y no se hinchan o hidrolizan al contacto del agua. Llegar a concebir la utilización de la *Caesalpinia spinosa* como un adecuado sustituto del cromo no ha sido una tarea fácil; pues el mismo, como sustancia muy utilizada en las curtiembres, ya que posee un inestimable valor práctico y de calidad, no obstante, y al mismo tiempo, junto a estas indiscutibles bondades que ofrece, hace pagar un alto costo, en lo que se refiere a daños en la salud de los curtidores, así como la contaminación que producen al ambiente.

Las respuestas de blandura expuesta en la presente investigación son superiores a las determinadas por (Altamirano, 2017) quien obtuvo valores de 4,75 puntos cuando se realizó la curtición de las pieles ovinas con el 16% de extractos vegetales con la combinación de 4% de órgano-cromo, así como también de (Guaminga, 2016), quien estableció las mejores respuestas cuando se adicionó a la curtición de pieles el agente curtiente tara (T2), con 4,63 puntos, y calificación excelente de acuerdo a la escala propuesta por (Gomez, 2023)

3.1.6. Redondez

La valoración estadística de la calificación sensorial de redondez de los cueros ovinos reportó diferencias altamente significativas ($P < 0,01$), según el criterio Kruskal Wallis por efecto de la curtición con curtientes de diferente naturaleza, estableciéndose los resultados más altos al utilizar Tara (T1), con ponderaciones de 4,63 puntos y calificación excelente de acuerdo a la escala propuesta por (Hidalgo, 2022) continuando con la separación de medias se ubican los resultados en el lote de cueros curtidos con curtiente sintético (T2), ya que las respuestas fueron de 4,0 puntos y ponderación excelente según la mencionada escala, en tanto que los resultados más bajas fueron reportadas por los cueros curtidos con cromo (T3), ya que la calificación fue de 3,25 puntos y la ponderación buena, es decir que para conseguir un cuero que se amolde fácilmente tanto en el momento del armado como en el uso diario se deberá trabajar con tara, que tiene una excelente resistencia a la luz ya que los taninos son bastante difícil de oxidar, porque contiene poco ácido gálico libre.

Los resultados alcanzados de redondez tienen su fundamento en lo expuesto por (Amangandi, 2016) quien manifiesta que los taninos son productos naturales de peso molecular relativamente alto que tienen la capacidad de formar complejos con los carbohidratos y proteínas. Dentro de este contexto, son de los productos naturales más importantes usados industrialmente, específicamente en los procesos que transforman las pieles en cueros. El curtido consiste en el establecimiento de enlaces entre las fibras de colágeno de la piel, lo que le confiere resistencia al agua, calor y abrasión. Esta capacidad de complejarse con macromoléculas explica la astringencia, al precipitar las glicoproteínas ricas en prolina que contiene la saliva.

Se debe procurar que penetre la solución curtiente para que el enlace formado por la tara y las fibras de colágeno sea el adecuado y se mejore la capacidad de penetrar en forma adecuada en el entretejido fibrilar ocupando los espacios vacíos sin sobresaturarlos de tal manera que no afecta la curvatura natural y más bien facilita el moldeo tanto en la confección del artículo como en el uso diario. La curtición con tara tiene la ventaja de ser amigable con el medio ambiente, lo que significa que un producto que se puede reciclar, son únicos y poseen vida propia. No son los mismos durante toda su vida útil, sino que cambian permanen-

temente para mejorarse. El curtido con tara permite la conservación de la fibra del cuero y le incorpora ciertas características de morbidez al tacto y elasticidad que son consecuencia de los materiales y de los métodos de trabajo que se emplean.

Las buenas características del material curtiente, se determina en el color que le va a transmitir a los cueros una finalizado el proceso de industrialización, la calidad resultante y la facilidad que tengan durante el curtido de formar ácidos, ya que su intervención es primordial en un buen acabado del trabajo. Los resultados registrados en la presente investigación son superiores al ser comparados con los registros de (Chasiquiza, 2014) quien al evaluar diferentes niveles de *Caesalpinia spinosa* (tara), registró las mejores respuestas cuando se curtió las pieles con el 14% de Tara, con ponderaciones de 4,67 puntos

De los resultados expuestos se derivan las siguientes conclusiones

- Al curtir las pieles ovinas con 8% de tara, se permite la apertura del folículo piloso para que ingresen los productos químicos hasta el interior del entretejido fibrilar, produciendo la transformación de piel en cuero de primera calidad, especialmente cuando se trata de confección de artículos de vestimenta.
- Los resultados de las resistencias físicas del cuero ovino determinaron que, la mejor resistencia a la tensión (1700,78 N/cm²), y lastometría (11,23 mm) se consigue al curtir las pieles con tara; en tanto que la mejor elongación (70%), proporcionan los cueros curtidos con cromo, superando cada una de ellas con las exigencias de calidad establecidas en cada una de las normas técnicas.
- La calificación sensorial de llenura (4,75 puntos), blandura (4,88 puntos), y redondez (4,63 puntos), alcanza una calificación de excelente al utilizar el curtiente tara, presentándose los cueros con una belleza inigualable mejorando con ello su aceptación por parte del consumidor.
- La evaluación económica determina la mayor ganancia en el lote de cueros curtidos con tara ya que la relación beneficio costo fue de 1,25 es decir un margen de utilidad del 25% que resulta muy alentadora sobre todo porque pueden considerarse cueros ecológicos que no producirán rechazo como lo hacen hacia los cueros curtidos con cromo que es un producto

altamente contaminante que afecta a los humanos y a la flora y fauna que forman el ecosistema de una tenería.

3.2. Curtición de piel caprina con la utilización de niveles de tara y un porcentaje fijo de glutaraldehído para la obtención de cuero para calzado

3.2.1. Resistencia a la tensión

Los valores medios obtenidos de la resistencia a la tensión de los cueros caprinos no registraron diferencias estadísticas, ($P < 0,05$), entre medias, por efecto de la inclusión a la fórmula del curtido de diferentes niveles de tara más 4% de glutaraldehído, estableciéndose los resultados más altos al trabajar con niveles más bajos de tara; es decir 10% (T1), ya que las respuestas fueron de 3407,74 N/cm², y que descendieron a 2816,83 N/cm² en el lote de cueros curtidos con 14% de tara (T3), mientras tanto que los resultados más bajos fueron registrados al incorporar 12% de tara T3 (14%), con medias de 2493,85 N/cm², como se indica en la tabla 7.

Al cotejar los valores obtenidos en cada tratamiento con los reportes de la norma técnica IUP 6 (2002), para la resistencia a la tensión emitidas por la Asociación Española de la Industria del Cuero (2002), (AQUEIC, 2022) se puede ver que independientemente del nivel de tara más 4% de glutaraldehído que se emplea en la curtición de los cueros caprinos se cumplirán con los parámetros establecidos por dicha norma, ya que considera que los cueros deben soportar una tensión mínima de 1500 N/cm², antes de producirse la primera fisura del entretejido fibrilar, por ende los cueros tratados con tara toleraran el esfuerzo al que estarán sometidos por las fuerzas multidireccionales, estirándose para compensarse esta tensión de tal manera que su estructura fibrilar no colapse y el cuero no se rompa, esto se denota más ampliamente en los cueros tratados con el 10% de tara en combinación con el 4% de glutaraldehído

Tabla 7. Evaluación de las resistencias físicas de las pieles caprinas curtidas con diferentes niveles de tara para la obtención de cuero para calzado

Variables físicas	Niveles de tara			Prob.	Sign.
	10 T1	12 T2	14 T3		
Resistencia la tensión, N/cm ²	3407,74 a	2493,85 a	2816,83 a	0,74	ns
Lastometria	9,06 a	7,23 c	8,66 b	0,0001	**
Temperatura de encogimiento, °C	87,92 a	87,92 a	88,50 a	0,423	ns

a: Promedios con letras iguales en la misma fila no difieren estadísticamente $P > 0,05$

abc: Promedios con letras diferentes en la misma fila difieren estadísticamente $P < 0,01$

EE: Error estadístico.

Prob: probabilidad

Lo que puede ser corroborado con las apreciaciones de (Arcos, 2023) quien manifiesta que la tara tiene un alto potencial para la reforestación y para la producción industrial de tintes, taninos, gomas y como insumo para las pinturas anticorrosivas. Los taninos de la tara se emplean como curtientes de cueros y han comenzado a reemplazar al cromo, sobre todo porque tienen la ventaja de no producir contaminación, y eleva el grosor de la piel, de tal manera que lo hace más resistente a las fuerzas multidireccionales.

Los taninos que contienen son pirogálicos y pueden ser hidrolizados con ácidos y enzimas, para reforzar la estructura de la piel y proporcionar mayor resistencia a la tensión del cuero. Se utiliza para todo tipo de pieles como pueden ser ovinas y caprinas con características vegetal, o bien vegetal/mixto destinados a artículos de tapicería y vestimenta. El curtido vegetal permite la conservación de la fibra del cuero y le incorpora ciertas características de morbidez al tacto y elasticidad que son consecuencia de los materiales y de los métodos de trabajo que se emplean, para lo cual las pieles son seleccionadas exclusivamente según las mejores procedencias y son tratadas con extractos vegetales como es la tara que se considera un producto ecológico, por lo que están exentas de cromo ya que la contaminación de este tipo de curtición es expresada como DBO y DQO, y si es muy elevada puede resultar en daño a la fauna del medio receptor.

3.2.2. Lastometría

Los valores medios alcanzados de la variable física lastometría de las pieles caprinas, reportaron diferencias altamente significativas ($P < 0,01$), por efecto de la utilización de diferentes niveles de tara, para la elaboración de cuero para calzado, estableciéndose, las mejores respuestas cuando se adicionó el 10% de tara (T1), con resultados de 9,06 mm, y que descendieron a 8,66 mm, cuando se curtió las pieles caprinas con la incorporación de 14% de tara (T3), mientras tanto que las respuestas más bajas se registraron cuando se curtió las pieles caprinas con 12% de tara (T2), con valores de lastometría de 7,23 mm,

Es decir, que al utilizar menores niveles de tara (10%), se obtienen mejores respuestas de lastometría, que es una característica representativa en la calidad del cuero y que refleja los resultados de los acabados pero también influyen los procesos de ribera y curtición que sirven para la penetración adecuada de todos los productos químicos y que la transformación de piel en cuero sea total proporcionando una mejor clasificación del material, que servirá de materia prima para la confección de calzado de primera calidad.

Los resultados expuestos de lastometría cumplen con las exigencias de calidad del cuero destinado a la confección de calzado de la Asociación Española de la Industria del Cuero que en la norma técnica IUP (2002), (AQUEIC, 2022) infiere un límite mínimo de calidad de 7 mm, al producirse la fricción con cuerpos externos, observándose por lo tanto que en los tres niveles de tara se cumple con esta normativa siendo más evidente al utilizar menores porcentajes de curtiente vegetal, es decir 10% que es potenciado con el 4% de glutaraldehído.

Los resultados alcanzados de lastometría de las pieles caprinas al indicar superioridad con la utilización del 10% (T1), de tara tienen su fundamento en lo que manifiesta (Adzet, 2105) quien señala que la tendencia natural de las pieles curtidas al vegetal es tener menores resistencias al desgarrar, a la tracción y de la flor y lastometría o fricción, que las pieles al cromo, por lo tanto es recomendable utilizar estos curtientes combinados con uno de naturaleza más fuerte como es el glutaraldehído, debido a que las fibras de colágeno que forman la compleja estructura de la piel están algo pegadas entre sí y no se deforman tanto frente a las fuerzas exteriores. Los alargamientos son en general menor que en pieles al cromo. No obstante, si las pieles están suficientemente engrasadas el extracto que

está entre las fibras se ha plastificado y las resistencias pueden ser del orden de las que tendrían una piel curtida al cromo y los alargamientos mucho más prologados. Los taninos como la tara, son compuestos orgánicos de origen vegetal, que tienen gran aceptación en los mercados de exportación y ellos se obtienen de las vainas maduras pulverizadas.

Al estar las fibras de colágeno saturadas con las células de curtiente vegetal tara, se encuentran adecuadamente llenas y no existe espacios que puedan ocasionar cueros muy flojos, observándose que al estirla se desliza fácilmente entre ellas, es decir presentan una buena resistencia a la fricción o lastometría, ya que tienen suficiente espacio para que se puedan deslizar con facilidad y no se ocasione la ruptura de la flor, ya que para la prueba de lastometría una muestra se coloca sobre un pasador de perforación de acero inoxidable accionado por un motor, proporciona una acción de escalada presionando al centro de la muestra hacia arriba

El operador verificará el grano del cuero eventualmente para verificar la formación de grietas en primer lugar, y luego tomará nota del valor de la carga en el estallido, detectada por un instrumento digital conectada a una célula de carga de clase, esta prueba asemeja la fricción que se ocasiona el momento de dar el paso en el calzado cuando se tiene roces entre zapatos o con diversas superficies que ocasionaran inclusive el desprendimiento de la capa del acabado sobre todo y el apareamiento del defecto e envejecimiento prematuro. Los resultados de lastometría del presente trabajo son menores al ser comparadas con los reportes de (Iza, 2019), quien obtuvo medias iguales a 10,60 mm, cuando curtió las pieles caprinas con el 5% de mimosa en combinación con 4% de tara, debido a que estos dos extractos curtientes vegetales combinados son más eficientes ya que en el seno de la reacción se dan las condiciones para poder dar la curtición total de las pieles.

3.2.3. Temperatura de encogimiento

Los valores medios reportados por la variable temperatura de encogimiento de las pieles caprinas no reportaron diferencias estadísticas ($P > 0,05$), por efecto de la utilización de diferentes niveles de tara en combinación con 4% de gluta-

raldehído, estableciéndose que el cuero soporta mayores temperaturas cuando se curtió con el 14% de tara (T3), con respuestas de 88,50°C, a continuación se aprecia las respuestas alcanzadas cuando se curtió las pieles con 10 y 12% de tara, ya que los resultados fueron de a 87,92 °C, es decir que al utilizar mayores niveles de Tara en combinación con el 4% de glutaraldehído los cueros soportan mayores temperatura antes de producirse el encogimiento en las pieles caprinas, y el inconveniente puede ser la pérdida en el área del cuero.

Las mayores respuestas de temperatura de encogimiento de los cueros caprinos al utilizar mayores niveles de tara, son corroboradas con las apreciaciones de (Soler, 2021), donde se manifiesta que debido a su poder curtiente los extractos vegetales precipitan con la gelatina y otras proteínas. Por ser fenoles dan coloraciones oscuras con las sales de hierro. La fijación con las moléculas del colágeno se debe a los puentes de hidrogeno, y los enlaces salinos con los grupos peptídicos y básicos de la proteína, aunque no se puede despreciar alguna otra forma de fijación adicional. La fijación mediante enlaces covalentes no parece muy elevada, ya que lixiviando fuertemente con agua se elimina casi todo el tanino fijado en la piel.

Cuando se produce un enlace químico la composición de la nueva especie química es totalmente diferente a la de los reactivos, lo cual ocurre con las pieles ya que el colágeno que es el principal componente de la piel es transformada por interacción con el agente curtiente, esto aumenta su temperatura de encogimiento ya que las fibras se encuentran formando un enlace muy fuerte con los taninos y esto los hace muy estables, por lo tanto se requiere suministrar mayor energía para romper el enlace.

Cuando se utiliza un agente curtiente auxiliar debido a que las fibras que no han sido transformadas por los extractos vegetales son curtidas por el agente auxiliar lo cual hace que en su totalidad sea muy estable aumentando así la capacidad de resistir mayores temperaturas de encogimiento, que es aquella a la cual se produce una reducción de la superficie perceptible al calentar gradualmente un cuero sumergido en un medio acuoso, después de experimentar un hinchamiento, por lo tanto es recomendable que el cuero soporte mayor temperatura, ya que se mide la estabilidad térmica de la estructura fibrilar del cuero, la temperatura de contracción adecuada para la fabricación de calzado, artículos de marroquinería y confección es de 80 a 85°C, por lo tanto se aprecia en la respuestas que al aplicar tara especialmente en mayores porcentajes se cumple con este requerimiento,

que es emitido por el Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN en su norma técnica NTE 0551 (2021) .

Las respuestas son superiores a las expuestas por (Pilamunga, 2015) quien obtuvo valores de temperatura de encogimiento de 82,8 °C, al curtir con el 7% de tara en combinación con Granofin F90 las cuales son inferiores a la obtenida, lo cual es indicativo de las buenas características físicas que le otorgan a la piel la curtición con extractos vegetales en combinación con el glutaraldehído y que logran una transformación aceptable de las fibras de colágeno formando enlaces resistentes que otorgan buenas características al cuero mejorando así su calidad, lo que las hace factibles para la confección de calzado.

3.2.4. Llenura

En la valoración de la calificación sensorial de llenura de las pieles caprinas, se reportaron diferencias altamente significativas ($P < 0,01$), según el criterio Kruskal Wallis, por efecto de la utilización de diferentes niveles de tara en combinación con 4% de glutaraldehído, estableciéndose las mejores respuestas cuando se curtió las pieles con el 14% de tara (T3), con resultados de 4,67 puntos y calificación excelente de acuerdo a la escala propuesta por (Hidalgo, 2022) a continuación se ubican los resultados alcanzados cuando se curtió las pieles caprinas con el 12% de tara (T2), con calificaciones de 4,17 puntos, y condición muy buena según la mencionada escala, mientras tanto que las respuestas más bajas fueron registradas al curtir las pieles con el 10% de tara (T1), con 3,50 puntos, y calificación Buena como se indica en la tabla 8.

Es decir que es recomendable utilizar mayor un porcentaje de tara en combinación con 4% de glutaraldehído, para obtener la llenura ideal del cuero para confeccionar calzado de primera calidad, ya que esto logra impactar a los sentidos del consumidor, para que los cueros presenten mayor demanda para lo cual se debe escoger de manera adecuada el tipo y la cantidad de curtiente que se va utilizar en la curtición y lograr estandarizar las técnicas para mejorar las ganancias, de los productores.

Tabla 8. Evaluación de las características sensoriales de las pieles caprinas por efecto de la utilización de diferentes niveles de tara y un porcentaje fijo de glutaraldehído para la obtención de cuero para calzado

Calificaciones Sensoriales	Niveles de tara			Prob.	Sign.
	10% T1	12% T2	14% T3		
Llenura, puntos	3,50 c	4,17b	4,67 a	0,0001	**
Blandura, puntos	4,75 a	3,83b	3,50 a	0,0001	**
Redondez, puntos	3,50 c	4,33b	4,67 a	0,0001	**

a: Promedios con letras iguales en la misma fila no difieren estadísticamente $P > 0,05$

abc: Promedios con letras diferentes en la misma fila difieren estadísticamente $P < 0,01$

EE: Error estadístico.

Prob: probabilidad

Lo que es corroborado según lo que reporta (Amangandi, 2016) quien manifiesta que la curtición vegetal en principio da más relleno que la curtición al cromo por tener mayor capacidad de penetración para rodear las fibras, con cantidades importantes de taninos lo cual implica algo más de grosor. Además, estos productos no son muy aplastables en las prensas máquinas de escurrir, repasar por lo que conservan bastante el grosor frente a los citados efectos mecánicos.

Como contrapartida la piel no es esponjosa y por ello un grosor aparente por efecto de esponjamiento no es fácil que se presente. Es considerable tener pieles con una calificación de llenura elevada sobre todo tomando en cuenta que son destinadas a la confección de calzado en los que la prenda deberá presentar un armado adecuadamente, pero cuidando de no llegar el efecto acartonado ya que ocasionará molestias al usuario.

La calificación de llenura es un indicativo de la calidad del agente curtiente que se utiliza, ya que si un cuero se encuentra vacío es sinónimo de que no ha reaccionado con las fibras de colágeno, cuando interactúan los agentes curtientes con el colágeno se forma un enlace peptídico que se siente muy lleno, también afecta en la cantidad de taninos que se utilice ya que a mayores niveles mayor será la presencia de moléculas de taninos en el seno de la reacción ocasionando que mayor número de fibras de colágeno sean transformadas, dando así mayor interacción y mayor número de enlaces.

3.2.5. Blandura

En la evaluación estadística de la calificación sensorial de blandura de las pieles caprinas, se reportaron diferencias altamente significativas ($P < 0,01$), por efecto de la utilización de diferentes niveles de tara en combinación con el 4% de glutaraldehído, estableciéndose las mejores calificaciones cuando se curtió las pieles con el 10% de tara (T1), con 4,75 puntos y calificación excelente de acuerdo a la escala propuesta por (Hidalgo, 2022) posteriormente se aprecian las respuestas del lote de cueros curtidos con el 12% de tara (T2), ya que las calificaciones fueron de 3,83 puntos y condición muy buena según la mencionada escala, mientras tanto que las respuestas menos eficientes se registraron cuando se curtió las pieles con el 14% de tara (T3), con ponderaciones de 3,50 puntos.

Las calificaciones de blandura expuestas en líneas anteriores permiten afirmar que al utilizar menores niveles de extracto vegetal tara, se obtienen mejores respuestas de blandura de las pieles caprinas, siendo necesario considerar que las características sensoriales deben ser evaluadas de manera óptima para tener cueros con elevada calidad, y que logren conseguir la aceptación en el mercado para dar los réditos económicos al productor, lo cual hace viable que la producción de cuero, y que constituye un eje de desarrollo para el país.

Lo que es corroborado con lo que reporta (Gomez, 2023) quien manifiesta que la superficie de la piel al aplicar una curtición con extractos vegetales, se produce un mayor llenado entre fibras, por lo que se tiene tendencia a que estas se pongan más verticales en relación a la superficie de la piel, tanto más cuanto más astringente sea el curtiente empleado (generalmente al final de la curtición), y por ello se puede reducir algo el área de la misma, pero teniendo en cuenta que al ser elásticas las pieles, las dimensiones que se les intenta dar mecánicamente, con las máquinas de repasar, estirar, clavar o similares, las conservan más fácilmente, el pietaje puede que en muchos caso disminuya respecto a una curtición al cromo, sin embargo no se afecta la blandura y caída propia de los cueros para que ocasionar molestias tanto el momento del armado como en el uso diario.

La piel naturalmente es muy dura ya que necesita proveerle al animal protección contra los factores externos como son la variación climática y las condiciones de manejo ya que ayuda a mantener regulada la temperatura corporal y evita el paso de microorganismos; por lo tanto se requiere para transformarlos en

cuero imputrescible de productos que ingresen profundamente en el entretejido fibrilar para conseguir la blandura y suavidad ideal para la confección de calzado, en donde se puede deslizar la piel por el lado carne sin sentir ningún tipo de sensación desagradable, rugosa o áspera esto es importante ya que las pieles tiene que impactar a los órganos de los sentidos del consumidor para lograr ser comercializadas.

Las calificaciones de blandura de los cueros caprinos son similares a lo que reporta (Guaminga, 2016) quien obtuvo calificaciones de 4,75 puntos cuando curtió las pieles con 15% de Tara, esto se debe a que se utilizó una curtición vegetal con tara y que los niveles determinados fueron los adecuados para conseguir una adecuada suavidad y caída del cuero.

3.2.6. Redondez

Los valores medios obtenidos de la calificación sensorial de redondez de las pieles caprinas reportaron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$), según el criterio Kruskal Wallis, por efecto de la adición de diferentes niveles de tara en combinación con 4% de glutaraldehído, estableciéndose, las mejores respuestas cuando se curtió las pieles con el 14% de Tara (T3), con ponderaciones de 4,67 puntos y calificación excelente de acuerdo a la escala propuesta por (Hidalgo, 2022) a continuación se ubicaron las calificaciones del lote de cueros cuando se curtió las pieles caprinas con el 12% de Tara (T2), con registros de 4,33 puntos y calificación muy buenas mientras tanto que las respuestas más bajas se registraron cuando se curtió las pieles con el 10% de Tara (T1), con 3,50 puntos, y calificación buena.

Es decir que para obtener mejores calificaciones de redondez de las pieles caprinas se debe adicionar mayores niveles de agente curtiente Tara (14%), en combinación con 4% de glutaraldehído, ya que la sensación que se otorga al cuero cuando se aumenta la calificación de redondez es positiva, y se refleja especialmente en el momento del uso ya que se moldea a la forma del pie, y de esa manera no ocasiona molestias, aunque su uso sea prolongado y en condiciones ambientales adversas.

Lo que es corroborado según (Martinez, 2023) quien reporta que el análisis sensorial específicamente de los cueros es una herramienta de suma utilidad, dado que permite encontrar los atributos de valor importantes para los consumidores, que sería muy difícil de medir de otra manera. Sus usos son numerosos, y su utilidad indiscutida según muchos autores, especialmente hoy en día donde la calidad ha pasado a ser el factor muchas veces decisivo en la elección de los tipos de cuero. Una de las características que más deben ser controladas es la redondez, que está dada por la compactación de la estructura fibrilar que se manifiesta una vez que se dobla el cuero hacia adentro forma una curvatura natural y que es signo del enriquecimiento fibrilar, proporcionado por la combinación de la tara con glutaraldehído, que ingresan profundamente y evitan la temida soltura de flor. La tara tiene una excelente resistencia a la luz ya que los taninos son bastante difíciles de oxidar, porque contiene poco ácido gálico libre, es también el extracto para el cual la relación tanino/no tanino es la más alta con una fuerte acidez natural.

Por eso es el tanino el más astringente del mercado, que no desmejora la redondez o arqueado del cuero más bien tiene la capacidad de penetrar en forma adecuada en el entretejido fibrilar ocupando los espacios vacíos sin sobresaturarlos de tal manera que no afecta la curvatura natural y más bien facilita el moldeo tanto en la confección del artículo como en el uso diario. De los resultados expuestos se derivan las siguientes conclusiones

- Los resultados reportados del análisis de las resistencias físicas del cuero caprino determinaron que, la mejor resistencia a la tensión (3407,74 N/cm²), lastometría (9,06mm) y mayor resistencia a la temperatura de encogimiento (87,92°C), se obtuvo al curtir las pieles con 10% de tara en combinación con 4% de glutaraldehído, gracias al fortalecimiento del entretejido fibrilar al combinarse con los curtientes.
- La mejor calificación sensorial de blandura se logró al curtir las pieles caprinas con el 10% de tara; con una ponderación de 4,75 puntos de acuerdo con la escala de (Hidalgo, 2018), que corresponde a cueros con una suavidad y caída ideal para la confección de calzado; mientras tanto que, el mayor valor de llenura y redondez compartieron puntuación de 4,67 puntos al curtir con 14% de tara.

- La aplicación del 10% de tara, es la opción más adecuada para curtir pieles de cabra; ya que, a más de conferir una resistencia elevada, proporciona al cuero una blandura ideal para la confección de calzado; además de, disminuir la contaminación provocada por la curtiembre con cromo sobre los diferentes ecosistemas que rodean una curtiembre.
- Al determinar los costos de producción de cueros de primera calidad se determinó que la opción más adecuada es aplicar el 10% de tara (T1), ya que la relación beneficio costo fue de 1,34; es decir que, por cada dólar invertido se espera una rentabilidad del 34%, que resulta alentadora para los actuales momentos en los que la economía está en franco retroceso al no existir actividades tan rentables como la expuesta, a más del valor agregado en el cuidado ambiental como alternativa de la cual se puede disponer las empresas curtidoras

3.3. Aplicación de diferentes niveles de glutaraldehído en combinación con 15% de *Caesalpinia spinosa* (tara) en la curtiembre de pieles ovinas

3.3.1. Resistencia a la Tensión, N/cm²

Los valores medios obtenidos de la resistencia a la tensión de los cueros ovinos no registraron diferencias estadísticas, ($P < 0,05$), entre medias, por efecto de la inclusión a la fórmula del curtido de diferentes niveles de glutaraldehído más 15 % de tara, estableciéndose los resultados más altos al trabajar con niveles más bajos de glutaraldehído; es decir 7 % (T1), ya que las tensiones promedio fueron de 3939,58 N/cm², y que descendieron a 3422,67 N/cm² en el lote de cueros curtidos con 9 % de glutaraldehído (T3). Mientras tanto que los resultados más bajos fueron registrados al incorporar 8 % de glutaraldehído T3 (14 %), con medias de 3137,97 N/cm², como se indica en la tabla 9.

Tabla 9. Evaluación estadísticas de las resistencias físicas de las pieles ovinas curtidas con diferentes niveles de glutaraldehído en combinación con 15% de *Caesalpinia spinosa* (tara)

Variables físicas	Niveles de glutaraldehído			EE	Sign.	Prob.
	7% T1	8% T2	9% T3			
Resistencia la tensión, N/cm ²	3939,58 a	3137,97 a	3422,67 a	327,16	ns	0,24
Porcentaje de elongación, %	58,13 a	60,78 a	65,63 a	3,86	ns	0,40
Lastometria, mm	9,44 a	9,72 a	10,26 a	0,35	ns	0,26

Promedios con letras iguales en la misma fila no difieren estadísticamente entre medias ($P > 0.05$).

SIGN: Significancia

PROB: probabilidad **: altamente significativo ns: no significativo

Al respecto (Castro, 2021), manifiesta que la razón por la cual los cueros curtidos con glutaraldehído en combinación con productos de origen vegetal como es la tara presenta una resistencia a la tensión que cumple con los estándares de calidad frente a los cueros obtenidos con cromo; se deriva del hecho que como los cueros al vegetal son tan llenos (comparando las características sensoriales de los cueros y el espesor de los mismos) las estructuras fibrilares de los mismos se exhiben son más flexibles, en vista a que en la distribución espacial de los enlaces es menos compleja y permite una mayor elasticidad, característica que absorbe parte de la carga aplicada y no se rompa el cuero.

En vista a que si las fibras del cuero son elásticas se pueden estirar sin romperse, distribuyendo las cargas sobre toda la superficie del cuero y absorbiendo parte de la fuerza en el estiramiento, logrando de esta manera que el cuero alcance una mayor resistencia a un esfuerzo unidireccional mayor. Por esta razón, el cuero debe presentar una elevada resistencia a la tensión ya que este factor es muy importante en la confección de artículos de cuero, en vista que algunas partes del artículo están diseñadas para que dentro del uso del artículo se apliquen fuerzas direccionales.

Al citar la norma técnica IUP6 de la (AQUIEC, 2022), donde se manifiesta que los cueros deben cumplir con un límite de calidad de resistencia a la tensión que va de 800 a 1200 N/cm², se aprecia en que las respuestas de los tres niveles de

glutaraldehído se cumplen con estas exigencias de calidad considerándose cueros con una estructura fibrilar muy fuerte ideal para soportar las fuerzas ejercidas tanto en la confección del artículo como en el uso diario. Los resultados obtenidos en la presente investigación son inferiores al ser comparados con el estudio de (Torres, 2019,), quien en el análisis de los valores medios de la resistencia a la tensión de las pieles de ovino por efecto de la curtición con diferentes niveles de *Caelsalpinia spinosa* (tara), encontró las respuestas más altas al curtir con 10 % de tara (T1), con valores de 5892,26 N/cm², señalando que durante el proceso de curtido liberan azúcares que se oxidan ácidos manteniendo así el medio ácido, ideal para fortalecer la presencia de enlaces covalentes del producto curtiente y el entretejido fibrilar, ocasionando que la piel presente mejores resistencias sobre todo a la tensión o tracción muy útiles especialmente para el momento del armado.

Por el contrario los resultados de la presente investigación son superiores a los reportados por (Guachamín, 2019), quien en la valoración de la resistencia a la tensión por efecto de la inclusión a la fórmula de curtido de diferentes niveles de tara más un porcentaje fijo de glutaraldehído (4 %); determinó que las respuestas más altas se obtuvo al curtir con 9 % de tara (T2), debido a que la tensión fue de 2097,97 N/cm², indicando que el comportamiento a la tensión de un cuero ovino depende de su elasticidad, de su grosor, y de la disposición de las fibras del cuero entre sus diferentes capas.

De igual manera son superiores a los reportados por (Sela, 2018,), quien obtuvo los mejores resultados cuando curtió solo con el curtiente vegetal (15 % de tara), ya que las respuestas fueron iguales a 2786 N/cm², para la resistencia a la tensión. En cambio, para (Llerena, 2022,), los resultados obtenidos en las pruebas de tensión alcanzaron un promedio de 1732,23 (N/ cm²) al utilizar curtientes vegetales (tara) + curtientes minerales.

3.3.2. Porcentaje de elongación

Los valores medios determinados por el porcentaje de elongación de las pieles ovinas no registraron diferencias estadísticas ($P < 0,05$), por efecto de la utilización de diferentes niveles de glutaraldehído, en combinación con tara (15 %),

estableciéndose las mejores respuestas cuando se curtió las pieles con la adición de 9 % de glutaraldehído (T3), cuyas medias fueron de 65,63%, a continuación se reportaron las medias cuando se curtió las pieles ovinas con la adición de 8% de glutaraldehído (T2), puesto que las respuestas fueron de 60,78 % en comparación de los resultados más bajos y que fueron registrados por el tratamiento T1 (7 %), con resultados de 58,13 %

Es decir; que el glutaraldehído logra un máximo agotamiento de las moléculas, lo que se fundamentó en lo expuesto por (Gomez, 2023) quien menciona que este curtiente mineral aumenta la reactividad del colágeno permitiendo un máximo aprovechamiento de la tara. Con esto se asegura una curtición total y un cambio en la estructura fibrilar del colágeno con lo que se mejora las características finales de cuero, proporcionando la suficiente fuerza de enlace que permita mantener la unión de las cadenas proteicas del colágeno con los compuestos orgánicos de los curtientes vegetales, siendo capaz de formar complejos insolubles con las proteínas de la piel animal, evitando que la acción de las enzimas proteolíticas pudieran comprometer el estado físico de la piel, presentando una elongación o alargamiento adecuado para pasar de la forma lineal a la espacial en el momento del armado del artículo final a favor tanto de la persona que confecciona como del usuario.

Según la normativa europea de calidad de la (AQUIEC, 2022), que en su norma técnica IUP 6 (2002), para el porcentaje de elongación establece que los cueros deben cumplir con un valor que va de 40 a 80 %, para ser calificadas de calidad, apreciándose que al utilizar los tres niveles de curtiente glutaraldehído en combinación con 15 % de tara se cumple con esta exigencia de calidad siendo mayor al utilizar 9 % ya que la diferencia es más amplia en cueros que tienen un estiramiento ideal para la confección del artículo deseado y que no se rompe fácilmente.

Los resultados obtenidos de elongación en la presente investigación son inferiores con lo reportado por (Torres, 2019,), quien en la evaluación del porcentaje de elongación identificó que en las pieles del tratamiento T2 (12 % Tara), presentaron la elongación más alta con valores de 103,44 %, concluyendo que, al utilizar 12 % de curtiente vegetal tara se consigue una mayor elasticidad de las fibras de colágeno para que puedan pasar fácilmente de la forma plana a la espacial que se adquiere el momento de la confección del artículo final.

(Llerena, 2022,) en la prueba de elongación utilizando tara reportó valores medios de 120,00%. de la misma manera (Auquilla, 2012) en la curtición de pieles ovinas reportó que en , los cueros curtidos con 8 % de glutaraldehído (T1), se registró valores medios de 82,73 %, señalando que, el glutaraldehído da muy buenos resultados, promoviendo en el producto final características muy aceptables como la resistencia a la elongación, formando enlaces con el colágeno de la piel con una mayor fijación que los otros productos conocidos, para reforzar el entretejido fibrilar y de esa manera elevar la flexibilidad y distensión del cuero.

En tanto que (Sela, 2018,) estableció que el mejor tratamiento fue al combinar el 3% de Glutaraldehído con el 15% de tara; puesto que, registraron un promedio de 78 % para el porcentaje de elongación de los cueros ovinos.

3.3.3. Lastometría

Los valores medios alcanzados de la variable física lastometría de las pieles ovinas, no reportaron diferencias estadísticas ($P < 0,05$), por efecto de la utilización de diferentes niveles de glutaraldehído + 15% de tara, para la elaboración de cuero para calzado; sin embargo, de carácter numérico se considera cierta superioridad cuando se adicionó el 9 % de glutaraldehído (T3), con resultados de 10.26 mm, y que descendieron a 9.72 mm, cuando se curtió las pieles ovinas con la incorporación de 8 % de glutaraldehído (T2); mientras tanto que, las respuestas más bajas se registraron cuando se curtió las pieles ovinas con 7% de glutaraldehído (T1), con valores de lastometria de 9.44 mm.

Al utilizar mayores niveles de glutaraldehído (9 %), se obtienen mejores respuestas de lastometría, que es una característica representativa en la calidad del cuero y que refleja los resultados de los acabados, lo que es fundamentado con lo expuesto por (Morera, 2017,) quien menciona que este curtiente también influyen en la penetración adecuada de todos los productos químicos y que la transformación de piel en cuero sea total proporcionando una mejor clasificación del material, que servirá de materia prima para la confección de calzado de primera calidad.

Los resultados expuestos de lastometría cumplen con las exigencias de calidad del cuero destinado a la confección de calzado de la Asociación Española de la Industria del Cuero que en la norma técnica IUP (2022), (AQUEIC, 2022) infiere un límite mínimo de calidad de 7 mm, al producirse la fricción con cuerpos externos, observándose por lo tanto que en los tres niveles de glutaraldehído se cumple con esta normativa, siendo más evidente al utilizar mayores porcentajes de curtiente, es decir 9 % que es potenciado con el 15 % de tara. Al comparar los resultados obtenidos en la presente investigación con el estudio de (Asto, 2017), resultan inferiores puesto que en la valoración de la lastometría estableció las mejores respuestas cuando se curtió las pieles ovinas con extracto de tara (T1), con valores de 11,23 mm, lo que probablemente se debe a que la tara contiene taninos pirogálicos que logran un mayor rendimiento sobre la transformación de las pieles así como enlaces que son más estables, que aumentan las prestaciones físicas del cuero, son poco astringentes, y no cambian otras características del cuero que son importante, esto genera que el curtiente vegetal pueda ser utilizado sobre los otros dos tipos de curtición y mejoran las condiciones notablemente del cuero.

(Torres, 2019,.) reporto respuestas más altas en las pieles del tratamiento T3 (14 % de tara), donde los resultados fueron de 11.18 mm, lo que significa que, se mejora la capacidad de las fibras de colágeno para desplazarse para el entretizado fibrilar sin provocarse fricciones que incitara el rompimiento del tejido y consecuentemente el deterioro del cuero hasta llegar a la rotura. Por el contrario (Flores, 2019), obtuvo valores similares los resultados al curtir con glutaraldehído 9.53 mm, esto debido a que al darse la transformación de piel en cuero pueden interferir en las reacciones del proceso de curtición y se disminuye la capacidad del cuero para soportar la fricción o rozamiento con cuerpos extraños.

Por su parte, (Auquilla, 2012), en el análisis de la lastometría de los cueros ovinos observa que el mayor valor lo presentó el cuero tratado con el 12 % de glutaraldehído (T3), con una media de 8.67 mm; además manifiesta, que los cueros ovinos al ser estirados se produce una fuerte tensión en la capa de flor puesto que la superficie debe alargarse más que el resto de la piel para adaptarse a la forma espacial lográndose gracias a la acción del curtido; puesto que, los aldehídos al reaccionar con los grupos amino del colágeno, forman uniones covalentes muy estables incluso en medio básico.

3.3.4. Llenura

En la valoración de la calificación sensorial de llenura de las pieles ovinas, se reportaron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$), por efecto de la utilización de diferentes niveles de glutaraldehído en combinación con 15 % de tara, estableciéndose las mejores respuestas cuando se curtió las pieles con el 9 % de glutaraldehído (T3), con resultados de 4.50 puntos, y calificación excelente de acuerdo a la escala propuesto por (Hidalgo, 2022), a continuación se ubican los resultados alcanzados cuando se curtió las pieles ovinas con el 8 % de glutaraldehído (T2), con calificaciones de 3.50 puntos, y condición buena según la mencionada escala, mientras tanto que las respuestas más bajas fueron registradas al curtir las pieles con el 7 % de glutaraldehído (T1), puesto que las respuestas fueron de 3.25 puntos pero conservaron la condición de buena como se indica en la tabla 10.

Tabla 10. Evaluación de las características sensoriales de las pieles ovinas curtidadas con diferentes niveles de glutaraldehído en combinación con 15% de tara

Variables sensoriales	Niveles de glutaraldehído más 15% de tara			EE	Sign.	Prob.
	7% T1	8% T2	9% T3			
Llenura, puntos	2,25 c	3,5 b	4,5 a	0,26	**	0,00002
Blandura, puntos	4,5 a	3,63 b	2,63 b	0,26	**	0,00026
Curvatura, puntos	2,5 b	3,38 a	4,38 a	0,26	**	0,00026
Colorimetría, puntos	2,13 c	3,38 b	4,5 a	0,30	**	0,00006

Promedios con letras iguales en la misma fila no difieren estadísticamente entre medias ($P > 0.05$).

SIGN: Significancia de acuerdo con el criterio Kruskal Wallis

PROB: probabilidad

** : altamente significativo ns: no significativo

Con la aplicación de un mayor porcentaje de glutaraldehído en combinación con 15% de tara, se obtiene una llenura ideal del cuero para confeccionar calzado de primera calidad, lo que tiene su fundamento con lo expuesto por (Costa, 2022), quien menciona que al conseguir una buena calificación de llenura se logra impactar a los sentidos del consumidor, para que los cueros presenten mayor demanda para lo cual se debe escoger de manera adecuada el tipo y la cantidad de curtiente que se va a utilizar en la curtición y lograr estandarizar las técnicas para mejorar las ganancias, de los productores. La medida del grado de llenado de los espacios interfibrilares por los agentes de curtido y de acabado es evaluada por la llenura, la cual deberá ser calificada al tacto del analista y los usuarios, considerando así que el cuero presenta una elevada llenura (la cual se valoró con una puntuación cercana a 5 mientras mayor sea la llenura, en contraste, en los cueros donde los espacios interfibrilares se encuentran vacíos, o el grado de llenado por los agentes curtientes, auxiliares y de acabado es bajo, el cuero presentara un tacto muy fofo; es decir, una muy baja llenura (valorando al cuero con puntuaciones cercanas a 1 mientras menor sea la llenura).

Los resultados de la presente investigación son inferiores a los expuestos por (Sela, 2018,), reportó valores superiores a los de la presente investigación al evaluar las calificaciones de la llenura, donde las mejores respuestas se reportaron cuando adiciono el 3 % de glutaraldehído con resultados de 4.8 puntos; en tanto que, (Cachote, 2012,), obtuvo el mejor resultado en los cueros precurtidos con 4 % de glutaraldehído (T1), donde se registró un valor medio de 4.70 puntos, lo que le permitió estimar que la aplicación de mayores niveles glutaraldehído, la llenura se eleva en las pieles ovinas que presentan una estructura vacía, poco atractivo en la fabricación de artículos para calzado, y favorece el llenado de los espacios interfibrilares consiguiendo con ello una estructura con un llenado correcto que no llegue al armado del cuero, lo que mejora significativamente el análisis sensorial del cuero; es decir, la precurtición mantiene las propiedades más deseadas de la piel.

Por otra parte (Auquilla, 2012), en la valoración sensorial de llenura de los cueros ovinos curtidos con tres niveles diferentes de glutaraldehído registró la calificación más alta en los cueros curtidos con 12 % de glutaraldehído (T3), con un valor en sus medias de 4.67 puntos, señalando que al aumentar la oferta de glutaraldehído aumenta la esponjosidad del cuero, además de una buena penetración de los productos curtientes, brindándole una llenura muy pronunciada.

Por último (Guachamín, 2019), en la evaluación de las calificaciones sensoriales del cuero ovino curtido con diferentes niveles de tara en combinación con 4 % de glutaraldehído, registro las respuestas más altas, en los cueros del tratamiento T3 (10 %), debido a que la puntuación media es de 4,63 puntos, por lo tanto se aprecia que existen menos espacios interfibrilares gracias a la atracción del enlace electrovalente muy fuerte con los grupos aminos y el colágeno; además, el tamaño de las partículas de la molécula de la tara permite que se ubique de manera correcta entre las fibras de colágeno ocupando los espacios interfibrilares, elevando la calificación de la llenura; así como también, el aumento de peso de cuero, característica especial buscada por los confeccionistas de calzado.

3.3.5. Blandura

Al realizar la valoración sensorial de blandura de las pieles ovinas se reportaron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$), por efecto de la utilización de diferentes niveles de curtiente glutaraldehído en combinación con 15 % de tara, estableciéndose que al curtir con el 7 % de glutaraldehído (T1) se reportaron medias de 4.50 puntos, y condición excelente de acuerdo a la escala propuesta por (Hidalgo, 2022), y que disminuyeron hasta alcanzar resultados de 3.63 puntos cuando se curtió las pieles ovinas con el 8 % de glutaraldehído (T2) y la calificación sensorial de muy buena según la mencionada escala; en tanto que, las respuestas más bajas fueron registradas en el lote de pieles ovinas a las que se aplicó en el proceso de curtido 9 % de glutaraldehído (T3) con valores medios de 2.63 puntos y la calificación de buena.

De acuerdo a estos reportes se puede afirmar que al utilizar menores niveles de glutaraldehído para las pieles ovinas se obtienen mejores respuestas de blandura o suavidad, esto debido a lo que manifiesta (Flores, 2019), quien indica que el glutaraldehído como curtiente no afecta las condiciones estables del cuero, mientras que si se aplica mayores niveles aumenta su compactación y se cambia la composición natural de las pieles, también depende mucho del agente auxiliar que acompañe a la curtición, debido a que este es el que se encarga de ajustar las condiciones de pH y humedad; así como también, si la curtición se

muestra deficiente se pueda mejorar las condiciones con las moléculas de curtiembre auxiliar.

Los valores reportados en la presente investigación son inferiores a los registros, de (Sela, 2018,), quien observó que los mejores resultados se presentaron en las pieles curtidas con el 3% de glutaraldehído con valores numéricos iguales a 5.00 puntos. Además, (Asto, 2017) en la valoración sensorial de la calificación de blandura de las pieles ovinas, encontró las mejores respuestas cuando se utilizó extractos de tara (T1) con ponderaciones de 4.88 puntos. Mientras que, (Gua-chamín, 2019), estableció las calificaciones más altas en el lote de cueros de tratamiento T3 curtidos con 10 % de glutaraldehído, ya que las puntuaciones fueron de 4.63 puntos. Al combinar la tara con el glutaraldehído se intentó obtener cueros muy blandos, cuando las moléculas de los extractos vegetales logran ingresar en el seno de las cadenas proteicas de colágeno e interactúan formando un nuevo compuesto, el proceso de curtido determina las características que tendrá el cuero y la manera en cómo responderán a los siguientes procesos de producción ya que es un nuevo compuesto, los agentes curtientes vegetales logran formar un compuesto con un enlace iónico que es muy estable y que permite proporcionar suavidad y caída al material.

Por su parte (Torres, 2019,), obtuvo las respuestas más altas en las pieles curtidas con 14 % de glutaraldehído, con valores de 4.75 puntos, concluyendo que al aplicar mayores niveles de curtiembre tara se obtiene una mayor suavidad y caída de las pieles de ovino, la textura suave, agradable al tacto, y el aroma natural del cuero son valores agregados que se obtienen al curtir las pieles de animales con tara.

3.3.6. Curvatura del cuero

Al realizar el análisis de varianza de la calificación sensorial de curvatura del cuero ovino destinado para la confección de calzado reportó diferencias altamente significativas ($P < 0.01$), por efecto de los diferentes niveles de glutaraldehído en combinación con tara, reportándose que en los cueros curtidos con el 9% de curtiembre (T3), se registró una calificación de 4.38 puntos y calificación muy buena de acuerdo a la escala propuesta por (Hidalgo, 2022) , luego se ubicaron los

cueros curtidos con el 8% de glutaraldehído (T2), que presentaron un valor en sus medias intermedio, el cual fue de 3.38 puntos, y la calificación de buena según la mencionada escala por último los valores más bajos se presentaron en los cueros curtidos con 7% de curtiente glutaraldehído (T1), los cuales obtuvieron medias de 2.50 puntos y calificación buena puesto que es un material que no moldear fácilmente, por lo tanto no es muy conveniente su utilización en artículos que serán utilizados por un lapso de tiempo más largo como es el calzado.

Es decir, que para obtener mejores calificaciones de curvatura de los cueros ovinos se debe adicionar mayores niveles de agente curtiente glutaraldehído (9 %), ya que la sensación que se otorga al cuero cuando se aumenta la calificación de redondez es positiva, y se refleja especialmente en el momento del uso ya que se moldea a la forma del pie, y de esa manera no ocasiona molestias, aunque su uso sea prolongado y en condiciones ambientales adversas.

Los resultados obtenidos en la presente investigación son inferiores a los de (Llerena, 2022,), quien en la valoración de la curvatura presentó diferencias altamente significativas ($P < 0,01$). Así, se establecieron las mejores respuestas en los cueros del tratamiento T3 (7%), obteniendo valores de 4.80 puntos. Mientras que, para (Cachote, 2012,), los valores medios obtenidos en la curvatura registraron las calificaciones más altas en los cueros del tratamiento T3 (4 % de glutaraldehído) con una media de 4.70 puntos y calificación excelente, manifestando que, el valor obtenido en curvatura es muy importante al momento de confeccionar el artículo final, como es calzado, ya que mide la dureza y acartonamiento que el cuero produce cuando está bajo un esfuerzo que causa un arqueamiento en el mismo, lo que es efecto del precurtido con glutaraldehído que prepara la flor para que sea más fina y menos suelta después de la curtición.

Por otra parte, (Guachamín, 2019), en la calificación sensorial de redondez estableció las respuestas más altas en el lote de cueros del tratamiento T3 (10 % tara), debido a que los resultados fueron con una media de 4.63 puntos, mencionando que al utilizar los taninos son productos naturales de peso molecular relativamente alto que tienen la capacidad de formar complejos con los carbohidratos y proteínas y en especial los taninos de tara, para proporcionar un mejor arqueado y curvatura del cuero ovino.

3.3.7. Colorimetría

Los valores medios reportados de la calificación sensorial de colorimetría de las pieles ovinas reportan diferencias altamente significativas entre medias, por efecto de la curtición con diferentes niveles de glutaraldehído en combinación con 15% de tara registrándose las mejores respuestas cuando se curtió las pieles ovinas con el 9 % de glutaraldehído (T3), ya que las ponderaciones fueron de 4.50 puntos, y calificación excelente de acuerdo a la escala propuesta por (Hidalgo, 2022 pág. 1), a continuación se aprecian los resultados expuestos en el lote de cueros que fueron curtidos con 8 % de glutaraldehído (T2), con resultados de 3.38 puntos y calificación buena según la mencionada escala, mientras que las respuestas más bajas se registraron cuando se curtió las pieles ovinas con el 7% de glutaraldehído (T1) con 2,13 puntos y calificación baja. Al evaluar tanto las resistencias físicas como las calificaciones sensoriales del cuero se concluye que

- La aplicación del 9 % de glutaraldehído, es la opción más adecuada para curtir pieles ovinas; ya que, a más de conferir una resistencia elevada, proporciona al cuero una curvatura ideal para la confección de calzado; además de, disminuir la contaminación provocada por la curtición con cromo sobre los diferentes ecosistemas que rodean una curtiembre.
- Los resultados reportados del análisis de las resistencias físicas del cuero ovino determinaron que, la mejor resistencia a la tensión (3939,58 N/cm²), se obtuvo al curtir las pieles con 7% de glutaraldehído; por el contrario, el mayor porcentaje de elongación (65,63 %) y mayor Lastometría (10,26 mm), se alcanzó al aplicar con 9% de glutaraldehído, gracias al fortalecimiento del entretejido fibrilar al combinarse con los curtientes.
- La mejor calificación sensorial de llenura (4,5 puntos), curvatura (4,38 puntos) y colorimetría (4,5 puntos) se logró al curtir las pieles ovinas con 9% de glutaraldehído en combinación con 15% de tara, que corresponde a cueros con una suavidad y caída ideal para la confección de calzado.
- Al determinar los costos de producción de cueros de primera calidad se determinó que la opción más adecuada es aplicar el 9 % de glutaraldehído (T3), ya que la mayor relación beneficio costo fue de 1,46; es decir que,

por cada dólar invertido se espera una rentabilidad del 46 %, que resulta alentadora para los actuales momentos en los que la economía está en franco retroceso al no existir actividades tan rentables como la expuesta, a más del valor agregado en el cuidado ambiental como alternativa de la cual se puede disponer las empresas curtidoras.

3.4. Curtición de piel ovina con la utilización de varios niveles de tara (8, 9, 10%) y un porcentaje fijo de glutaraldehído (4%) para la obtención de cuero para vestimenta”

3.4.1. Resistencia a la tensión

La valoración estadística de la resistencia a la tensión determino que existen diferencias altamente significativos ($P < 0,01$), por efecto de la inclusión a la fórmula de curtido de diferentes niveles de tara más un porcentaje fijo de glutaraldehído (4 %); determinándose en la separación de medias según Tukey ($P < 0,05$), que las respuestas más altas se obtuvo al curtir con 9 % de tara (T2), debido a que la tensión fue de 2097,97 N/cm²; a continuación se aprecian las respuestas registradas en la curtición con 10 % de tara (T3), con valores e tensión de 1910,00 N/cm²; en tanto que, los resultados más bajos fueron registrados en el lote de cueros curtidos con 8 % de tara (T1), con respuestas medias de 1264,06 N/cm² cómo se indica en la tabla 11.

Es decir que, al curtir las pieles con 9 % de tara en combinación con 4 % de glutaraldehído reporta mejorar resistencia de los cueros ovinos para que soporten adecuadamente las múltiples tensiones ejercidas sobre el tejido fibrilar, en el momento de la confección del artículo final lo que tiene su fundamento en lo expuesto por (Gomez, 2023) quien indica que el comportamiento a la tensión de un cuero ovino depende de su elasticidad, de su grosor, y de la disposición de las fibras del cuero entre sus diferentes capas. Todas las pieles que en su uso práctico se tensionan repetidamente están expuestas a un deterioro del entretejido

fibrilar, la tensión se define como la gran fuerza longitudinal que puede soportar un material.

La tensión aplicada tiene como consecuencia inmediata la deformación de la probeta de cuero, la cual se alarga continuamente en la dirección en que se ejerce la fuerza hasta que se produce su rotura, tomando en cuenta que el espesor de un cuero es directamente proporcional a la resistencia a la tensión.

Tabla 11. Evaluación de las resistencias físicas del cuero ovino curtido con diferentes niveles de tara más un 4% de glutaraldehído, para cuero de vestimenta

Variable	Niveles de tara + 4 % de glutaraldehído			Prob.	Sign.
	8% T1	9% T2	10% T3		
Resistencia a la tensión N/cm ²	1264.06 b	2097.97 a	1910.00 b	0.0045	**
Lastometría, mm	7.91 a	8.23 a	8.13 a	0.1616	ns
Temperatura de contracción, °C	86.50 b	90.13 ab	92.88 a	0.003	**

EE: Error estadístico.

Prob: Probabilidad

Sign: Significancia

Abc: Promedios con letras diferentes en la misma fila difieren estadísticamente según Tukey (P< 0,05).

Los taninos curtientes como es el caso de la tara, se obtienen de las vainas maduras pulverizadas, son compuestos orgánicos de origen vegetal, que por su bajo impacto al ambiente tiene gran aceptación en los mercados internacionales; los cuales, se emplean como curtiente de cueros que han comenzado a reemplazar al cromo en la industria mundial de curtido; puesto que, su facilidad de introducirse en el entretejido fibrilar con mayor profundidad, logrando la curtición total de las pieles, lo que ocasiona el fortalecimiento de las fibras de colágeno, logrando que las pieles resistan considerablemente las fuerzas multidireccionales ejercidas sobre ellas en el momento de la confección o mucho más en el uso

diario que se requiere mayor firmeza de esta manera evitar que se deformen provocando el envejecimiento prematuro.

El curtiente glutaraldehído combinado con curtientes vegetales, como es la tara; acelera el proceso de curtición, aclara el color del cuero, proporciona mayor flexibilidad al cuero y disminuye la presencia de minerales en los lodos provenientes de los baños de curtición.

Los resultados de la resistencia a la tensión del cuero ovino cumplen con las exigencias de calidad de la (AQEIC, 2002) correspondiente a la norma técnica IUP 6 (2022), (AQEIC, 2022) infiere como límite de calidad valores que oscilan entre 800 a 1200 N/cm²; por lo tanto, al comparar con las respuestas expuestas en los tres tratamientos se aprecia que cumple con esta exigencia de calidad, siendo mayor al utilizar 9 % de curtiente tara en combinación con 4% de glutaraldehído. La respuesta de resistencia a la tensión de los cueros ovinos en la presente investigación es similar con los reportes de (AQEIC, 2022) quien señala que en estudios sobre el uso de glutaraldehído en combinación con tara, resulta una técnica adecuada para mejorar las resistencias físicas del cuero; ya que se produce una curtición muy profunda, ocasionando así que las fibras cambien totalmente su composición y su distribución en el entretejido, mejoren los demás procesos de transformación de la piel, ya que en el seno de la reacción existe iones libres de los grupos carboxílicos del colágeno que puedan combinarse con los taninos vegetales.

Las respuestas alcanzadas en la presente investigación son inferiores al ser comparados con los resultados que reporta (Martinez, 2023) quien obtuvo valores de 2037,65 N/cm² cuando curtió pieles caprinas con el 6% de sulfato de aluminio en combinación con Granofin F 90 (glutaraldehído); así como, al utilizar diferentes niveles de glutaraldehído se registró valores de 1660 N/cm² ; en la curtición de las pieles caprinas con el 3% de glutaraldehído. (Pilamunga, 2017 pág. 12), reportó valores de 3297,90 N/cm², cuando se curtió las pieles caprinas con el 14 % de tara en combinación con 1 % de ácido oxálico.

3.4.2. Lastometría

El análisis de varianza de la resistencia física de lastometría del cuero ovino no determinó diferencias estadísticas entre las medias de los tratamientos por efecto de la curtición con diferentes niveles de tara en combinación con 4 % de glutaraldehído; sin embargo, de carácter numérico se aprecian las respuestas más altas en los cueros del tratamiento T2 (9 %), con valores medios de 8,23 mm, a continuación se aprecian los registros del grupo de cueros curtidos con 10 %, debido a que las respuestas fueron de 8,13 mm; en tanto que, los registros más bajos fueron alcanzados por los cueros del tratamiento T1 (8 %), puesto que las respuestas fueron de 7,91 mm,

Es decir que, el nivel más adecuado de curtiente tara es 9 %, ya que los cueros presentan una mayor resistencia a la fuerza aplicada en un punto central del cuero que incrementa el esfuerzo en la zona de la flor hasta producir el estallamiento de ésta, observando las deformaciones resultantes o rupturas de flor en las probetas.

Lo que tiene su fundamento en lo expuesto por (De la Cruz, 2022) quien manifiesta que la lastometría da información sobre el estado de resistencia estructural de la piel y es útil su medición aunque sea de forma manual y subjetiva, para tener una estimación rápida del posible comportamiento de la capa flor del cuero, frente a casi cualquier esfuerzo. Debe cuidarse siempre y hacer hincapié especial en ella, en el caso de pieles para la confección de prendas de vestir con pieles de grosor muy bajo por ejemplo 0,6 mm, ya que puede romperse durante el uso o en los lavados posteriores al primer uso.

Por lo que, se necesita saber que la curtición con taninos vegetales muchas veces puede ser superficial y descurtirse; por lo tanto, el proceso es reforzado con la presencia de glutaraldehído que mejora la penetración de los productos curtientes y de los engrases aplicados en las fases sucesivas, como resultado se obtiene una piel más blanda, resistente y se nota una mayor constancia en la calidad de la producción.

Los resultados de la presente investigación cumplen con la exigencia de calidad de la (AQUEIC, 2022) que corresponde a la norma técnica IUP 9 (2002), determinación de la caga de ruptura de la capa flor en el lastómetro; la misma que indica, que para ser considerado un cuero de buena calidad debe cumplir con

7,5 mm de lastometría como mínimo; apreciándose que con la aplicación de los tres niveles de tara en combinación con 4% de glutaraldehído se cumple con esta exigencia de calidad siendo más amplios los reportes al utilizar en la curtición de los cueros ovinos 9 % de tara, (T2).

Los resultados de lastometría de los cueros ovinos curtidos en la presente investigación es inferior al ser comparada con los registrados por (Asto, 2017 pág. 65), quien al evaluar diferentes tipos de curtientes determino que, con la aplicación de tara se registró valores promedios de 11,23 mm, pero son mayores a los registrados por (Pilamunga, 2017 pág. 64), quien indicó que al curtir pieles con el 14 % de tara (T2), la respuesta al análisis de lastometría fue de 8,98 mm; así como de (Pilamunga, 2017), quien estableció los mejores resultados cuando se curtió las pieles con el 14 % de tara (T2), con respuestas de 8,98 mm. (Auquilla, 2012), registró el valor mayor en los cueros tratados con el 12% de glutaraldehído (T3), con una media de 8,67 mm.

3.4.3. Temperatura de contracción

La valoración de la temperatura de contracción de los cueros ovinos registró diferencias altamente significativas ($P < 0,01$) entre medias; por efecto de la curtición con diferentes niveles de curtiente vegetal tara en combinación con 4% de glutaraldehído, observándose las respuestas más altas al aplicar el tratamiento T3 (10 %), con valores medios de 92,88°C, seguido de los registros alcanzados por los cueros del tratamiento T2 (9 %), con respuestas de 90,13 %; mientras tanto que, los resultados más bajos fueron registrados por los cueros curtidos con niveles más bajos de tara; es decir, en el tratamiento T1 (10 %), puesto que la media de los resultados fue de 86,50°C.

Es decir que, con la aplicación de mayores niveles de tara se mejora la característica del cuero para soportar mayores temperaturas de resistencia a la de contracción, sin perder superficie, que es muy necesaria sobre todo en prendas que serán expuestas en el momento del armado a temperaturas elevadas para activar los pegamentos o al uso diario cuando las condiciones medio ambientales muchas veces son adversas, así como también para labores de limpieza.

Lo que tiene su fundamento en lo expuesto por (Adzet, 2105) quien manifiesta que la curtición con Tara logra una transformación satisfactoria de las fibras de colágeno, que al ser sometidas a condiciones de temperatura de 90°C se contrae y pierde superficie. La temperatura de contracción, mide la temperatura necesaria para deshacer el enlace entre los grupos carboxílicos del colágeno y los productos curtientes en el cuero.

Cuando se da un enlace iónico como es el que se forma entre las moléculas de colágeno y los taninos pirogálicos que pertenecen a la Tara más la presencia de grupos aldehídos es muy estable, y para lograr deshacerlo se necesita proporcionar gran cantidad de energía al cuero y también es una denotación de que las pieles han sido transformadas en gran cantidad permitiendo que las pieles cambien sus características físicas y químicas. Para reforzar este tipo de curtición se ha utilizado el glutaraldehído, se conoce desde hace mucho tiempo su acción curtiente gracias a su configuración química, la cual provoca un enlace electrovalente muy fuerte con los grupos aminos del colágeno, para mejorar la resistencia a las temperaturas elevadas.

Además (Hidalgo, 2022) manifiesta que la alta influencia del contenido de taninos de tara y sus fenómenos de extracción, proporciona un considerable aumento de la temperatura de contracción sin pérdida de superficie, a pesar de que el proceso de curtido se lleva en una sola etapa sin curtir previamente con algún mineral o aumentando la proporción de curtiente. El ácido gálico es el principal constituyente de los taninos de la tara y ocupa un volumen que facilita a las moléculas individuales de los taninos a alcanzar la estructura fibrilar del colágeno, además de provocar la atracción entre cadenas adyacentes del colágeno.

Los resultados de la temperatura de contracción del cuero ovino cumplen con las exigencias de calidad del (INEN, 2012), que en su norma técnica NTE: 17227, indica que los cueros deben soportar una temperatura de contracción mínima de 75 °C, normalización que es cumplida por los cueros de los tres tratamientos siendo más evidente al curtir con mayores niveles de curtiente Tara.

Las medias reportadas en la presente investigación son superiores al ser comparadas con las obtenidas por (Martínez, 2016) , quien registró valores de temperatura de contracción de 77,50 °C cuando curtió las pieles caprinas con el 6% de sulfato de aluminio en combinación con Granofin F90, así como también de (Pilamunga, 2015) quien registró temperaturas promedio de 64,86 °C, en pieles

ovinas curtidas con 7% de sulfato de aluminio, en combinación con precurtiente resínicos en la obtención de cuero para calzado. Pero son inferiores a los reportes de (Puente, 2018) quien manifiesta que la proporción de oxazolidina empleada (5%), en combinación con 12% de *Caesalpinia spinosa* (Tara) (T1), mejora las propiedades físicas mecánicas del cuero o alcanzándose una temperatura de contracción de 80°C, además (Hidalgo, 2022) manifiesta que al realizar la evaluación de la temperatura de encogimiento o contracción, de los cueros curtidos con tara como sustituto ecológico del cromo alcanzó un valor de 92,86°C.

3.4.4. Llenura

Los valores medios determinados por la calificación sensorial de los cueros ovinos reportaron según la prueba de Kruskal Wallis, diferencias altamente significativas por efecto de la curtición con diferentes niveles de tara en combinación con un porcentaje fijo (4 %) de glutaraldehído para la obtención de cuero destinado a la confección de vestimenta, por lo que en la separación de medias según Tukey ($P < 0,05$), se aprecian las respuestas más altas, en los cueros del tratamiento T3 (10 %), debido a que la puntuación media es de 4,63 puntos y condición excelente de acuerdo a la escala propuesta por (Hidalgo, 2019 pág. 1), a continuación se aprecian las respuestas alcanzadas en los cueros del tratamiento T2 (9 %), puesto que los resultados fueron de 3,75 puntos y calificación muy buena según la mencionada escala al curtir con 10% de tara, en tanto que las respuestas más bajas fueron registradas por los cueros del tratamiento T1 (7 %), con promedios de 2,88 puntos y condición buena, como se indica en la tabla 12.

Tabla 12. Evaluación de las calificaciones sensoriales del cuero ovino curtido con diferentes niveles de tara en combinación con 4 % de glutaraldehído

Variables Sensoriales	Niveles de tara + 4 % de glutaraldehído			Prob.	Sign.
	8% T1	9% T2	10% T3		
Llenura, puntos	2.88 c	3.75 b	4.63 a	0,0001	**
Blandura, puntos	2.38 c	3.50 b	4.63 a	0,0001	**
Redondez, puntos	2.63 c	4.13 b	4.63 a	<0.0001	**

EE: Error estadístico.

Prob: Probabilidad

Sign: Significancia

Abc: Promedios con letras diferentes en la misma fila difieren estadísticamente según Tukey ($P < 0,05$).

Es decir que, al aplicar mayores niveles de curtiente tara se consigue mejor la sensación de llenura de los cueros ovinos; debido a que, existe menos espacios interfibrilares gracias a la atracción del enlace electrovalente muy fuerte con los grupos aminos y el colágeno; además, el tamaño de las partículas de la molécula de la tara permite que se ubique de manera correcta entre las fibras de colágeno ocupando los espacios interfibrilares, elevando la calificación de la llenura; así como también el aumento de peso de cuero, característica especial buscada por los confeccionistas de calzado.

Pero esta condición del cuero se considera no deseable por los confeccionistas de artículos de vestir, que prefieren un cuero totalmente vacío y liviano; por lo que, mayores niveles de tara utilizado en el proceso de curtido, disminuirá las condiciones idóneas para los artículos de vestir; así que, a menores niveles de tara en el proceso de curtición, se obtendrá mejores condiciones para los artículos de confección, de acuerdo a lo reportado por (Guachamín, 2019)

3.4.5. Blandura

En la evaluación estadística de las puntuaciones asignadas a la evaluación sensorial de blandura de los cueros ovinos se aprecia diferencias altamente significativas según el criterio Kruskal Wallis ($P < 0,01$), estableciéndose las calificaciones más altas en el lote de cueros de tratamiento T3 (10 %), ya que las puntuaciones fueron de 4,63 puntos y calificación excelente de acuerdo a la escala propuesta por (Hidalgo, 2022) a continuación se aprecian los resultados alcanzados en los cueros curtidos del tratamiento T2 (9 %), con apreciaciones de 3,50 puntos y calificación muy buena según la mencionada escala mientras tanto que la calificación de blandura más baja fue registrada en los cueros del tratamiento T1 (8 %), con respuestas de 2,38 puntos y condición baja.

Es decir que, a mayores niveles de tara se eleva la calificación de blandura, produciendo un material muy suave, dúctil con muy buena caída, similar a una seda muy fina ideal para la confección de artículos de vestimenta, lo que tiene su fundamento en lo expuesto por (Bacardit, 2022), quien menciona que, al combinar la tara con el glutaraldehído se intenta obtener cueros muy blandos, cuando las fibras de los extractos vegetales logran ingresar en el seno de las moléculas de colágeno e interactúan formando un nuevo compuesto, en el curtido se determina las características que tendrá el cuero y la manera como se comporta en los siguientes procesos ya que es un nuevo compuesto, los agentes curtientes vegetales logran formar un compuesto con un enlace iónico que es muy estable y que permite proporcionar suavidad y caída al material.

Al respecto (Pilamunga, 2015) obtuvo las mejores respuestas cuando curtió las pieles con 14 % de tara (T2), con apreciaciones de 4,88 puntos y calificación excelente, que son superiores al ser comparadas con los resultados de la investigación, así como también de (Altamirano, 2017) quien menciona que las calificaciones más altas se consiguieron en el lote de cueros curtidos con la combinación de 14 % de tara más 6 % de tanino sintético con 4,75 puntos y calificación excelente

3.4.6. Redondez

Los valores medios determinados por la calificación sensorial de redondez determinaron diferencias altamente significativas entre las medias de los tratamientos según el criterio Kruskal Wallis, por efecto de la curtición con diferentes niveles de tara en combinación con 4% de glutaraldehído para la obtención de cueros destinados a la confección de vestimenta, estableciéndose las respuestas más altas en el lote de cueros del tratamiento T3 (10 %), debido a que los resultados fueron con una media de 4,63 puntos y condición excelente según la escala propuesta por (Hidalgo, 2022) a continuación se aprecian las ponderaciones establecidas en los cueros del tratamiento T2 (9 %), puesto que las respuestas tuvieron una media de 4,13 y calificación muy buena según la mencionada escala, finalmente se estiman los registros alcanzados por los cueros curtidos con niveles más bajos de tara, es decir en el tratamiento T1 (8 %), con valores medios de 2,63 puntos y calificación buena.

Es decir que, para alcanzar una mayor redondez del cuero ovino es conveniente la aplicación de mayores niveles de tara (10 %), lo que tiene su fundamento con lo expuesto por (Cordero, 2021), quien menciona que al utilizar los taninos son productos naturales de peso molecular relativamente alto que tienen la capacidad de formar complejos con los carbohidratos y proteínas y en especial los taninos de tara, para proporcionar un mejor arqueado y curvatura del cuero ovino la combinación con los grupos carboxílicos del colágeno, se efectúa en los extremos superficiales de las fibras colagénicas; se procura que penetre la solución curtiente para que el enlace formado por la tara y las fibrillas entretrejidas profundamente, para lo cual se lo refuerza con el glutaraldehído en el entretrejido fibrilar ocupando los espacios vacíos sin sobresaturarlos de tal manera que no afecta la curvatura natural y más bien facilita el moldeo tanto en la confección del artículo como en el uso diario lo cual provoca la elevación de las calificaciones sensoriales de redondez.

La redondez es una característica sensorial fundamental para la elaboración de calzado; puesto que, la redondez favorece el retorno del producto confeccionada a su posición original, a lo cual se lo conoce como efecto resorte. En tanto que lo idóneo para artículos de vestir es cueros totalmente caídos y deformables, con la finalidad de permitir su uso sin provocar molestias al usuario, debido a

que son prendas que entran en contacto directo con la piel del usuario y muchas veces es utilizado en tiempos prologados y expuesto a condiciones adversas que pueden cambiar su naturaleza de suave y caído a un producto áspero, rígido y acartonado sobre todo cuando ingresa en su interior humedad, inclusive puede llegar a una descurtición cuando es extrema estas condiciones, condición que se presenta además cuando la prenda es expuesta al lavado .

Los resultados de redondez de la presente investigación son similares a los reportes de (Asto, 2017) quien al comparar diferentes curtientes entre ellos tara registro un valor promedio de 4,63 puntos y calificación excelente, así como de (Pilamunga, 2015) quien estableció las mejores respuestas cuando curtió las pieles con el 14 % de extracto de Tara (T2), cuyas medias fueron de 4,63 puntos, y calificación excelente, pero son inferiores a los registros de (Pilamunga, 2015) quien reporto las calificaciones más altas al curtir las pieles ovinas con 9% de curtiente vegetal Tara más Granofín F90(T1), ya que el valor de sus medias fue de 4,70 puntos y calificación excelente. (Altamirano, 2017), establecieron las calificaciones más altas en el lote de cueros ovinos curtidos con la combinación de 14 % de tara más 6 % de tanino sintético ya que las puntuaciones fueron de 4,75 puntos y calificación excelente. De los resultados expuestos se consideran las siguientes recomendaciones:

Al realizar la evaluación de las resistencias físicas del cuero ovino se determinó los resultados más altos de tensión (2097,97 N/cm²), y lastometría (8,23 mm), al aplicar en el curtido 9 % de tara ; en tanto que, la mayor temperatura que soportan los cueros antes de producirse la contracción (92,88 °C), y pérdida de su pietaje se alcanzó con la aplicación de mayores niveles de tara (10 %) en combinación con 4 % de glutaraldehído.

El análisis sensorial determinó mayor preferencia por parte del juez calificador hacia los cueros ovinos curtidos con 10 % de tara (T3), debido a que se consigue calificaciones de excelente para la llenura (4,63 puntos), blandura, (4,63 puntos) y redondez (4,63 puntos); por lo tanto, se considera un material muy suave con una llenura y curvatura idónea para la fabricación de artículos especiales de vestir, pero sin caída agradable y poco deformable. De los resultados expuestos se considera que la opción más adecuada para curtir pieles ovinas para artículos de vestir es el 9 % de curtiente vegetal; puesto que, se denota en todas las variables condiciones de cumplimiento de las exigencias físicas y calificaciones sensoriales; además de que, no existe diferencias estadísticas en

las variables donde no registra la primera ubicación de análisis. Al efectuar la evaluación económica se aprecia que el costo por pie cuadrado varia de 1,90 a 2,04 dólares americanos determinados por la calidad del producto final y por lo tanto ese factor será determinante para la clasificación del cuero y su precio final permitiendo obtener rentabilidades muy alentadoras ya que corresponden para el mejor caso que es el tratamiento T3 una relación beneficio costo de 1,33; es decir, una utilidad del 33 %.

3.5. Aplicación de diferentes niveles de glutaraldehído en combinación con 15% de tara en la curtición de pieles caprinas para tapicería automotriz

3.5.1. Resistencia a la tensión

Al realizar la evaluación de la resistencia a la tensión de las pieles caprinas no se aprecian diferencias estadísticas entre tratamientos ($P > 0,05$), por efecto de la adición a la fórmula del curtido de diferentes niveles de glutaraldehído en combinación con un porcentaje fijo de tara, sin embargo, numéricamente se aprecia una superioridad en las pieles del tratamiento T1 es decir al curtir con el 7% de glutaraldehído puesto que el valor fue de 3669,42 N/cm², como se indica en la tabla 13. Seguida de los resultados reportados al curtir con 8% de glutaraldehído (T2) ya que la tensión fue de 3552,74 N/cm²; finalmente los resultados más bajos de la resistencia a la tensión se aprecian en las pieles del tratamiento T3 (curtición con 9% de glutaraldehído), puesto que, los resultados fueron de 3299,95 N/cm²

De los resultados expuestos se aprecia que la resistencia a la tensión muestra mayores respuestas al utilizar en la curtición 7% de glutaraldehído en combinación con 15 % de tara, lo que puede deberse a lo expuesto por (Artigas, 2021), quien menciona que los taninos que contiene la tara son pirogálicos y pueden ser hidrolizados con ácidos y enzimas, para reforzar la estructura de la piel y proporcionar mayor resistencia a la tensión del cuero, que mejoran la calidad puesto que

no sufren no deformaciones ni roturas al ser sometidos a las fuerzas multidireccionales que son ejecutadas en el proceso de armado del artículo final que en este caso es tapicería de automóvil.

Tabla 13: Evaluación de las resistencias físicas del cuero caprino curtido con diferentes niveles de glutaraldehído, en combinación con tara, para tapicería de automóvil

Variables físicas	Niveles de glutaraldehído + 15 % de tara			Prob.	Sign.
	7% T1	8% T2	9% T3		
Resistencia a la tensión N/cm ²	3669,42 a	3552,74 a	3299,95a	0,41	ns
Lastometría, mm	54,37 a	54,37a	58,12a	0,78	ns
Temperatura de contracción, °C	10,98 a	10,47a	10,70a	0,69	ns

Promedios con letras iguales en la misma fila no difieren estadísticamente entre medias ($P > 0.05$).

SIGN: Significancia

PROB: probabilidad

** : altamente significativo ns: no significativo

Sobre todo, soporta las inclemencias del tiempo ya que muchas veces tiene que estar sometido a temperaturas y humedad muy alta que debilita las fibras del colágeno y si el curtiente no ha ingresado para reforzar el tejido puede romperse fácilmente. Las respuestas expuestas en la presente investigación cumplen con las exigencias de calidad de la Asociación Española en la Industria del Cuero, 2022 (AQUEIC, 2022), que en la norma de calidad IUP 6 (2020), infiere que los cueros para tapicería automotriz deberán cumplir con límites que van de 800 a 1200 N/cm², antes de romper su estructura fibrilar a las que son sometidas en los ensayos que asimilan el uso práctico.

Los valores de la resistencia a la tensión de los cueros caprinos, son superiores al ser comparados con los registros de (Maya, 2019), quien en los valores

medios obtenidos de la resistencia a la tensión de los cueros caprinos por efecto de la inclusión a la fórmula del curtido de diferentes niveles de tara más 4% de glutaraldehído, estableció los resultados más altos al trabajar con niveles más bajos de tara es decir 10% , ya que las respuestas fueron de 3407,74 N/cm²,

Al mismo tiempo, (Guaminga, 2016) quien en la evaluación de la resistencia a la tensión de los cueros caprinos por efecto de la utilización del 15% de diferentes extractos vegetales, reporta las mejores respuestas cuando curtió las pieles con el 15% de Tara (T3), con 1814,30 N/cm², manifestando que la tara debido a su poder curtiente precipita con la gelatina y otras proteínas. Por ser fenoles dan coloraciones oscuras con las sales de hierro. Esta fijación que tienen los extractos vegetales en las fibras de colágeno le confiere a la piel caprina altas resistencias físicas, frente a los factores externos a los cuales pueden estar sometidas las pieles.

3.5.2. Porcentaje de elongación

En la característica física de porcentaje de elongación de los cueros caprinos, no se registró diferencias estadísticas, entre medias ($P > 0.05$), por efecto de la curtición con diferentes niveles de glutaraldehído en combinación con 15 % de tara, aunque numéricamente se estableció las respuestas más altas en los cueros del tratamiento T3, ya que la respuesta fue de 58,12% al curtir con 9% de glutaraldehído. Mientras tanto que para los cueros del tratamiento T2 (8% de glutaraldehído) y los cueros del T1 (7% de glutaraldehído), las respuestas fueron de 54,37%, como se indica en el gráfico 2-3, lo que permite deducir que numéricamente al utilizar mayores niveles de curtiente se eleva el porcentaje de elongación del cuero, es decir se alarga fácilmente sin romper el tejido fibrilar y luego regresa a su forma original sin perderse el pesaje.

Lo que es corroborado con las afirmaciones de (Artigas, 2021), quien menciona que en procesos donde se emplean combinaciones de tara con glutaraldehído, mejoran la reacción de la proteína de la piel con el agente curtiente, puesto que proporciona características especiales al cuero, sin embargo cuando se realiza una curtición vegetales se debe procurar que penetre la solución curtiente

hacia el interior de la piel, en forma homogénea y así permitir que las fibras del entretejido fibrilar se deslicen fácilmente entre ellas y se aumente su elasticidad para que tenga lugar la fijación del tanino sobre el colágeno.

Actualmente, los productos de cuero están diseñados para interiores de automóviles, y los productos son cada vez más naturales, es decir, más estéticos para las necesidades de los usuarios de automóviles, pero al mismo tiempo deben cumplir con los requisitos de rendimiento del producto. y medio ambiente es decir eliminar las sustancias restringidas como es el cromo por lo que el glutaraldehído en combinación con tara es la opción mas adecuada para la producción de este tipo de cueros.

Los resultados expuestos por los investigadores citados cumplen con las normas de calidad de la Asociación Española en la Industria del Cuero, 2020, (AQUEIC, 2022), que en su norma técnica IUP 6 (2020), infiere como límite de calidad valores que van de 40 – 80% de porcentaje de elongación para validar su aplicación en la confección de productos para tapicera automotriz.

Los resultados de la presente investigación son inferiores al ser comparados con los de (Chasiqiza, 2014), quien, en los resultados del porcentaje de elongación de los cueros caprinos, observa las respuestas más altas en las pieles curtidas con extracto de poli fenoles vegetales de *Caesalpinia spinosa* (tara) ya que las medias fueron de 72,12%,

Mientras que, (Pilamunga, 2015), en evaluación de las respuestas obtenidas de la prueba física de porcentaje de elongación de las pieles caprinas curtidas con diferentes niveles de *Caesalpinia spinosa* (tara) más curtiente mineral Granofin F90, estableció las mejores respuestas al curtir las pieles con 7% de tara, con valores medios de 53,67%.

3.5.3. Lastometría

En la valoración de la lastometría de los cueros caprinos no se registró diferencias estadísticas ($P>0.05$), entre medias, por efecto de la aplicación de diferentes niveles de glutaraldehído en combinación con tara, reportándose que

los resultados más altos se alcanzaron en los cueros del tratamiento T1 (7% de glutaraldehído), con valores medios de 10,98 mm, Es decir que al utilizar menores niveles de glutaraldehído en la curtición de las pieles caprinas se elevan las respuestas de lastometría, esto se debe según lo que manifiesta (Bacardit, 2022) a que la tendencia natural de las pieles caprinas es presentar menores resistencias al desgarrar, a la tracción y de la flor y lastometría o fricción, que las pieles al cromo, por lo tanto es recomendable utilizar curtientes vegetales, para artículos de tapicería automotriz es muy importante conocer que la piel experimenta una brusca deformación que le llevó de la forma plana a la forma espacial.

Esta transformación produce una fuerte tensión en la capa de flor puesto que la superficie deberá alargarse más que el resto de la piel para adaptarse a la forma espacial. Si la flor no es lo suficientemente elástica para acomodarse a la nueva situación se quiebra y se agrieta, puesto que al ser destinada a tapiz de automóvil existe una influencia de las condiciones climáticas puesto que el clima demasiado fuerte y el tiempo de exposición del artículo cuando las ventanas están cerradas ocasionara efectos negativos.

Los resultados expuestos de lastometría cumplen con las exigencias de calidad del cuero destinado a la confección de calzado de la Asociación Española de la Industria del Cuero (AQUEIC, 2022), que en la norma técnica IUP (2022), infiere un límite mínimo de calidad de 7 mm, antes de sufrir deterioro en la capa flor por exposición a las fuerzas de rozamiento del equipo que simula la actitud del cuero frente a las condiciones manufactura y uso.

Al comparar los reportes indicados de lastometría en la presente investigación se aprecia que son superiores a los registrados por (Maya, 2019) quien en los valores medios alcanzados de la variable física lastometría de las pieles caprinas, por efecto de la utilización de diferentes niveles de tara, para la elaboración de cuero para calzado, estableció, las mejores respuestas cuando se adicionó el 10% de tara (T1), con resultados de 9,06 mm, en tanto que, (Pilamunga, 2015) por efecto de la utilización de diferentes niveles de *Caesalpinia spinosa* (tara), en combinación con 1 % de ácido oxálico, estableció, mejores resultados cuando se curtió las pieles con el 14 % de tara, con respuestas de 8,98 mm que también son inferiores a los reportes mencionados en la investigación.

3.5.4. Llenura

Las calificaciones asignadas a la variable sensorial llenura de los cueros caprinos destinados para tapicería automotriz registraron diferencias altamente significativas, ($P < 0.01$), por efecto del nivel de curtiente de glutaraldehído más 15 % de curtiente vegetal tara, estableciéndose los resultados más altos en los cueros del tratamiento T1 (7 % de glutaraldehído), con ponderaciones medias de 4,50 puntos y calificación sensorial muy buena de acuerdo a la escala propuesta por (Hidalgo, 2022). A continuación, se aprecian las respuestas registradas por los cueros curtidos con el 8 % de glutaraldehído (T2), ya que las calificaciones fueron de 3,88 puntos, y la ponderación de buena según la mencionada escala, mientras tanto que los resultados más bajos fueron registrados por los cueros del tratamiento T3 (9% de glutaraldehído), que estableció promedios de 2,88 puntos y condición baja, como se indica en la tabla 14.

Tabla 14. Evaluación de la Calificación sensorial del cuero caprino curtido con diferentes niveles de glutaraldehído, en combinación con 15 % de tara para tapicería de automóvil

Variables Sensoriales	Niveles de glutaraldehído más 15 % de tara			Prob.	Sign.
	8% T1	9% T2	10% T3		
Llenura	4,50 a	3,88 ab	2,88 b	0,007	**
Blandura	2,25 b	3,75 b	4,63 a	2,07E-05	**
Tacto	2,38 b	4,00 ab	4,38 a	5,64E-05	**

Promedios con letras iguales en la misma fila no difieren estadísticamente entre medias ($P > 0.05$).

SIGN: Significancia

PROB: probabilidad

** : altamente significativo ns: no significativo

Es decir que al utilizar menores niveles de glutaraldehído (7 %), se consigue una mejor calificación de llenura. ya que la formación de puentes de hidrógeno es un factor importante, que permite que el cuero presente una llenura natural. La piel de caprina tiene muchas propiedades haciéndola un material superior para la tapicería.

Al respecto (Font, 2019), menciona que la llenura es una característica de las pieles curtidas al vegetal, pero esta también habrá que ser ajustada ya que no es recomendable que se tenga pieles muy llenas porque dificultara el proceso de tintura ya que los pigmentos vegetales no podrán impregnarse en las moléculas de colágeno que se encuentran saturadas por la alta presencia de enlaces con las fibras de tanino, pero tampoco es aconsejable pieles demasiado vacías ya que no son vistosas. Los taninos de tara presentan un color natural muy claro y su uso permite obtener cueros clarísimos y resistentes a luz, además, dan propiedades de llenado y morbidez, manteniendo la flor lisa y firme.

Los valores de la presente investigación con respecto a la calificación de llenura de los cueros caprinos son inferiores al ser cotejados con el estudio de, (Maya, 2016 pág. 57), quien al evaluar la llenura de los cueros por efecto de la utilización de diferentes niveles de tara en combinación con 4% de glutaraldehído, estableció las mejores respuestas cuando se curtió las pieles con el 14% de tara (T3), con resultados de 4,67 puntos, así como de, (Altamirano, 2017) quien registró las mejores respuestas cuando se curtió las pieles caprinas con el 12 % de tara (T1), con 4,63 puntos y calificación muy buena.

3.5.5. Blandura

Al realizar el análisis estadístico de la calificación sensorial de blandura de los cueros caprinos se reporta diferencias altamente significativas ($P < 0.01$), entre los tratamientos por efecto de los diferentes niveles de glutaraldehído aplicado a la fórmula de curtido; observándose una mayor respuesta en los cueros del tratamiento T3 (9 % de glutaraldehído), con valores medios de 4,63 puntos, y calificación excelente de acuerdo a la escala propuesta por (Hidalgo, 2022), y que descendieron a 3,75 puntos al curtir con 8% de glutaraldehído (T2), y la

ponderación fue de buena según la mencionada escala; por último se ubican las respuestas más bajas para la blandura en el lote de cueros caprinos curtidos con 7 % de glutaraldehído, puesto que las calificaciones medias fueron de 2,26 puntos, y la calificación de buena esto se debe a que el glutaraldehído mejora la penetración de los productos curtientes y de los engrases aplicados en las fases sucesivas. Como resultado se obtiene una piel más blanda, y se nota una mayor constancia en la calidad de la producción.

Al respecto (Jones, 2020), menciona que la blandura es la capacidad que tienen los cueros para producir una sensación agradable de suavidad y caída muy necesarias para la confección del artículo final como es la tapicería para automóvil puesto que muchas veces el tiempo de contacto con el usuario es largo por lo tanto tiene que cumplir con muchas exigencias de calidad, además es necesario preparar a la piel en el proceso de curtido para que se les proceda a engrasar con aceites específicos que no contribuyan a incrementar el fogging. Entre los taninos vegetales, los mejores resultados se han obtenido con el uso de extracto de Tara, sea por las características de los artículos obtenidos, que por las propiedades generales

De la misma manera (Hidalgo, 2018), manifiesta que la blandura debe ser uniforme en toda la superficie del cuero, para no encontrar regiones más suaves y caídas o más duras y acartonadas, por lo que la blandura de los cueros es una característica sensorial muy difícil de conseguir ya que depende de muchos factores especialmente por los productos químicos empleados o la calidad de la materia prima por lo que es sumamente necesario conjugar estos factores con la utilización de una maquinaria de ablandado para conseguir este fin.

Los resultados obtenidos en la presente investigación son inferiores a los reportes de (Pilamunga, 2015), quine en la valoración de los resultados obtenidos de la blandura de las pieles caprinas por efecto de la utilización de diferentes niveles de agente curtiente tara en combinación con 1 % de ácido oxálico, estableciéndose las mejores respuestas cuando se curtió las pieles con 14 % de tara (T2), con apreciaciones de 4,88 puntos, de igual manera, (Guaminga, 2016), en la variable sensorial blandura de las pieles caprinas por efecto de la utilización de 15% de diferentes extractos vegetales, reportó las mejores respuestas cuando se adiciono a la curtición de pieles caprinas el agente curtiente Tara (T3), con 4,75 puntos.

3.5.6. Tacto

El análisis estadístico de los valores medios reportados de la variable sensorial tacto del cuero caprino reportó diferencias altamente significativas ($P < 0.01$), por efecto de la utilización de diferentes niveles de glutaraldehído, estableciéndose las respuestas más altas al utilizar 9% de glutaraldehído (T3) ya que, los resultados fueron de 4,38 puntos y la calificación muy buena según la escala propuesta por (Hidalgo, 2022).

A continuación se apreció los resultados alcanzados en el lote de cueros curtidos con 8 % de glutaraldehído (T2), ya que las respuestas fueron de 4,00 puntos y la ponderación de muy buena; mientras tanto que, la calificación de tacto más baja se apreció en los cueros curtidos con 7% de glutaraldehído (T1), con ponderaciones de 2,38 puntos, y calificación buena es decir que, la opción adecuada para conseguir cueros con un buen tacto se consigue al utilizar mayores niveles de glutaraldehído (9%) en combinación con 15% de tara.

De acuerdo con los resultados expuestos se considera que, al aplicar mayor porcentaje de extracto de tara en la curtición de pieles caprinas, se produce una buena sensación a los órganos de los sentidos sobre todo al tacto es decir sentir como acolchonado a las pieles. Al respecto (Lacerca, 2019), indica que la calidad de la piel curtida, su flexibilidad, tacto, la textura y su fuerza depende de la estructura fibrosa, es decir, la delgadez de sus fibras individuales y su tejido intermedio al utilizar productos compactos que tiene una cantidad adecuada de modificadores de tacto se puede variar la grosura y la firmeza de las fibras de la piel caprina por lo que puede producir sólo un tipo de materia prima, curtida con variaciones en suavidad, poder de cobertura y tacto, ideales para la confección.

El cuero es un producto natural, lo que significa que existen ciertas diferencias. Por lo general, es el grano el que nos dice algo sobre la calidad. Pero como con todos los productos, debe encontrar el equilibrio adecuado entre calidad, rendimiento y aplicación. Algunos ejemplos de diferentes tipos de cuero: La cubierta de cuero debe ser más suave y maleable que la parte superior. El líquido graso se utiliza para suavizar las fibras del cuero.

Los resultados de la presente investigación son inferiores a los reportados por (Tasigchana, 2017) quien en obtención de un acabado semianilina en pieles

caprinas curtidas con tara y aluminio con la aplicación de diferentes niveles de productos compactos en la evaluación del tacto estableció las mejores respuestas en el tratamiento T1 (450 g), con valores de 4,63 puntos. Por su parte, (Garcés, 2017), en la apreciación sensorial de tacto del cuero caprino determinó 4,63 puntos, puesto que el cuero fue flexible, suave y sobre todo con un tacto agradable de la piel.

3.6. Aplicación del Curtiente Vegetal a Nivel Experimental

La evaluación experimental del curtido vegetal se enfoca en determinar cómo los taninos naturales interactúan con las fibras de colágeno para estabilizar el cuero, comparando sus efectos con las prácticas convencionales basadas en sales de cromo. A nivel de laboratorio, es fundamental utilizar normas reconocidas para cuantificar propiedades físico-mecánicas del cuero (por ejemplo, ISO 3376 para tracción y ISO 2419 para espesor), así como detallar meticulosamente los materiales, condiciones de laboratorio, tiempos, temperaturas, concentraciones y número de repeticiones por muestra. A continuación se presenta un protocolo amplio, estructurado con cuadros y tablas que facilitan la visualización de cada aspecto técnico del procedimiento experimental de curtido vegetal.

3.6.1. Objetivos del Experimento

- Establecer un protocolo reproducible para el curtido vegetal de pieles en laboratorio, empleando extracto de tara como curtiente principal.
- Determinar las condiciones óptimas de tiempo, temperatura y concentración de taninos para lograr un curtido uniforme en pieles bovinas, caprinas, ovinas, conejiles y de cuyes.
- Evaluar propiedades físico-mecánicas del cuero curtido vegetal aplicando normas ISO 3376 (resistencia a la tracción) e ISO 2419 (espesor).

- Comparar el rendimiento del curtido vegetal con los parámetros de referencia de curtido al cromo, en términos de propiedades del cuero y consumo energético.

3.6.2. Materiales y Reactivos

Item	Especificación/ Tamaño	Proveedor/ Fuente	Comentario Adicional
Piel bovina (corte bruto)	0,5–1 m ² , espesor aproximado 1,4 mm	Proveedor local de matadero, calidad estándar industrial	Desgrasada y almacenada a 4 °C hasta su uso
Piel caprina (corte bruto)	0,5–1 m ² , espesor aproximado 1,2 mm	Proveedor especializado en ganadería caprina	Desgrasada y almacenada a 4 °C hasta su uso
Piel ovina (corte bruto)	0,5–1 m ² , espesor aproximado 1,0 mm	Proveedor especializado en ganadería ovina	Desgrasada y almacenada a 4 °C hasta su uso
Piel de conejo (corte bruto)	0,2–0,5 m ² , espesor aproximado 0,6 mm	Taller artesanal local	Desgrasada y almacenada a 4 °C hasta su uso
Piel de cuy (corte bruto)	0,1–0,3 m ² , espesor aproximado 0,5 mm	Taller artesanal local	Desgrasada y almacenada a 4 °C hasta su uso
Extracto de tara (taninos)	Polvo fino, 90 % taninos, pH 4,5–5,0	Laboratorio de fitocosméticos, Universidad Técnica de Machala	Carácter ácido, soluble en agua
NaOH (hidróxido de sodio)	Grado analítico, ≥ 98 % pureza	Merck	Para ajuste de pH de bañas de curtido
HCl (ácido clorhídrico)	Grado analítico, 37 % concentración	Merck	Para neutralización post-curtido
Agua destilada	Resistividad ≥ 18 MΩ·cm	Sistema de agua Milli-Q	Empleada en todas las soluciones de baño

Item	Especificación/ Tamaño	Proveedor/ Fuente	Comentario Adicional
Cloruro de sodio (NaCl)	Grado reactivo, \geq 99 % pureza	Sigma-Aldrich	Para procesos de descarnado previo
Polietilenglicol (PEG)	M.M. 400 Da, grado analítico	Sigma-Aldrich	Para mejorar penetración de taninos
Sale de protección temporaria*	Envases plásticos de 5 L	Proveedor químico local	Para conservación intermedia de muestras

*El “sale de protección temporaria” se emplea para proteger el cuero curtido entre los procesos de lavado y secado.

3.6.3. Equipos, Instrumentos y Normas Aplicables

Equipo/ Instrumento	Norma Asociada	Especificaciones Técnicas	Proveedor/ Marca
Bañera de acero inoxidable con agitación mecánica	—	Volumen 50 L, agitación programable hasta 100 rpm, control digital de temperatura ($\pm 0,5$ °C)	Lauda (Modelo Aqua-Pro)
Horno de secado con circulación forzada	ISO 2418	Rango 20–200 °C, precisión ± 1 °C, capacidad 100 L	Binder (Modelo VD-Series)
Baño termostataado (circulador de agua)	—	Rango 20–100 °C, precisión $\pm 0,1$ °C, 10 L	Julabo (Modelo FP51-S)
Medidor de pH digital	ISO 696	Rango pH 0–14, precisión $\pm 0,01$ pH, electrodo de vidrio	Mettler Toledo (Model S210)
Equipos de medición de espesor de cuero	ISO 2419	Rangos 0,1–50 mm, precisión $\pm 0,01$ mm, probeta de acero inoxidable debidamente calibrada	Mitutoyo (Model 7301)

Equipo/ Instrumento	Norma Asociada	Especificaciones Técnicas	Proveedor/ Marca
Máquina de tracción uniaxial (ensayo de tensión)	ISO 3376	Fuerza máxima 5 kN, velocidad de ensayo 100 ± 10 mm/min, celda de carga calibrada, agarre específico para muestras de cuero	Instron (Model 5566)
Cabina de flujo laminar (para manipulación estéril)	—	Flujo laminar vertical, HEPA H14, velocidad 0,3 m/s	Thermo Fisher (Model 1300i)
Balanza analítica	—	Rango 0,1–500 g, precisión $\pm 0,0001$ g	Sartorius (Model Quintix)
Termómetro digital con sonda	—	Rango -50 °C a 300 °C, precisión $\pm 0,1$ °C	Fluke (Model 52 II)
Cronómetro	—	Precisión 0,01 s	Casio (Modelo HS-80W)
Rotavapor (para concentración de extractos)	—	Rango vacío hasta 20 mbar, baño de agua hasta 100 °C, vidrio borosilicate	Büchi (R-210)
Estación de deshumidificación	—	Control de humedad relativa 30–70 % ± 2 % a 25 °C, capacidad 50 m ³	Testo (Model 512)

3.6.4. Condiciones Generales de Laboratorio

Parámetro Ambiental	Especificación
Temperatura ambiente	20–23 °C (± 2 °C)
Humedad relativa	45–55 % (± 5 %)
Iluminación	≥ 500 lux (luz blanca difusa, sin parluz directa)
Ventilación	Extracción a 12 renovaciones de aire/hora
Área de trabajo	Superficie limpia, libre de polvo y contaminantes orgánicos
Calibración de equipos	Mensual (pHmetro, medidor de espesor, máquina de tracción)

3.6.5. Procedimiento Experimental de Curtido Vegetal

A continuación, se presenta un cuadro que resume las etapas principales del curtido vegetal empleando extracto de tara. Los parámetros detallados incluyen tiempos, temperaturas, concentraciones de curtiente y número de repeticiones para cada tipo de piel.

Etapa	Descripción	Tiempo (h:min)	Temperatura (°C)	Concentración de Taninos (% p/p)	Número de Repeticiones por Tipo de Piel
Remojo inicial	Sumergir la piel previamente desgrasada en agua destilada (1:5 relación piel/agua). Agitar suavemente (50 rpm). Ajustar pH a 8,0 con NaOH 1 M.	2:00	25 °C	—	3 (todas las pieles)
Neutralización y acondicionamiento	Ajustar pH de la piel a 5,5 con HCl 1 M. Añadir NaCl (2 % p/p piel) para ayudar a la penetración del curtiente. Mantener agitación a 60 rpm.	1:00	25 °C	—	3
Introducción de taninos (fase 1)	Preparar baño con extracto de tara al 3 % p/p de peso piel seca en agua. Iniciar agitación a 100 rpm. Ajustar pH a 4,8–5,0.	4:00	25 °C	3 % (30 g tara/1 kg piel)	3

Etapa	Descripción	Tiempo (h:min)	Temperatura (°C)	Concentración de Taninos (% p/p)	Número de Repeticiones por Tipo de Piel
Lavado intermedio	Retirar taninos residuales: enjuagar con agua corriente (relación 1:5 piel/agua). Agitación a 80 rpm durante 0:30.	0:30	25 °C	—	3
Introducción de taninos (fase 2)	Incrementar extracto de tara al 5 % p/p de peso piel seca. Agitación a 100 rpm. Mantener pH 4,8–5,0. Permitir penetración completa.	6:00	30 °C	5 % (50 g tara/1 kg piel)	3
Lavado final	Enjuagar con agua destilada (relación 1:5 piel/agua) durante 0:45 con agitación a 80 rpm. Ajustar pH a 7,0–7,2 con NaOH 0,5 M.	0:45	25 °C	—	3
Sellado y protección intermedia	Sumerja la piel en solución de sale de protección temporaria (1 % p/p) durante 0:30 a 25 °C. Enjuague breve con agua (0:15, 25 °C).	0:45	25 °C	1 % (10 g sale/1 kg piel)	3

Etapa	Descripción	Tiempo (h:min)	Temperatura (°C)	Concentración de Taninos (% p/p)	Número de Repeticiones por Tipo de Piel
Secado	Colgar la piel en horno de secado con circulación forzada, a temperatura gradual: 30 °C (1 h), 40 °C (1 h), 50 °C (2 h). Registrar humectación final < 15 % humedad.	4:00	Progresiva 30→50 °C	—	3

Nota: Cada repetición se realiza de forma independiente en su propia bañera de curtido, etiquetando claramente el tipo de piel (bovina, caprina, ovina, conejo, cuy) y el número de ensayo (1, 2 o 3).

3.6.6. Métodos de Medición Físico-Mecánica

Para evaluar las propiedades del cuero curtido vegetal, se emplean instrumentos y normas ISO específicas. El siguiente cuadro detalla los parámetros medidos, la norma aplicada, el equipo utilizado y las condiciones de ensayo.

Parámetro	Norma ISO	Equipo Utilizado	Condiciones de Ensayo	Número de Repeticiones por Muestra
Espesor	ISO 2419	Probador digital de espesor (Mitutoyo)	Tres mediciones en zonas no adyacentes de cada muestra; promedio reportado. Piel humectada (máx. 15 % humedad).	3 posicionamientos × 3 muestras = 9 datos
Resistencia a la tracción	ISO 3376	Máquina de tracción Instron	Velocidad de 100 ± 10 mm/min; probetas tipo “strip” de 50 mm × 15 mm; dirección longitudinal (grano) y transversal.	5 probetas por dirección × 3 repeticiones
Alargamiento a la rotura	ISO 3376	Máquina de tracción Instron	Misma configuración que resistencia a tracción; informe porcentaje de elongación antes de la rotura.	5 probetas por dirección × 3 repeticiones
Resiliencia	ISO 4045	Durómetro de rebote (Harpender)	Piel humectada (20 °C, 50 % HR), medición en 5 puntos distintos; valor promedio en kPa.	5 mediciones × 3 repeticiones
Gravedad específica (densidad)	ISO 2419 (apartado densidad)	Balanza de precisión + picnómetro	Muestras recortadas en 20 mm × 20 mm; inmersión en tetracloroetileno; cálculo según fórmula estándar ISO.	3 muestras × 3 repeticiones = 9 datos

Parámetro	Norma ISO	Equipo Utilizado	Condiciones de Ensayo	Número de Repeticiones por Muestra
Shrinkage Temperature (Ts)	ISO 3380	Equipo de contracción térmica (DIP method)	Calentamiento controlado desde 20→100 °C a razón de 2 °C/min; punto de inflexión detectado por aumento brusco de tensión.	3 muestras independientes
Absorción de agua (Hydrophilicity)	ISO 4586-4	Cámara de humedad controlada + balanza analítica	Piel remojada 24 h en 20 °C; secado superficial con algodón; pesaje antes y después; humedad final 50% HR.	3 muestras × 3 repeticiones = 9 datos

Los Detalle de preparación de probetas se describen a continuación:

- Corte de probetas de tracción: según ISO 3376, se emplea cutter manual y plantilla metálica para asegurar dimensiones constantes.
- Condición de humedad: todas las muestras se acondicionan en cámara a 20 °C y 65 % HR durante 48 h antes de ensayar.

3.6.7. Registro de Datos y Plantillas de Control

Se proporciona a continuación un modelo de cuadro para registrar datos de espesor, tracción y alargamiento de cada muestra. Cada célula corresponde a un valor obtenido; el promedio y desviación estándar se calculan posteriormente. Fue necesario conocer las instrucciones de uso del cuadro:

- Anotar cada valor obtenido en la fila correspondiente a su tipo de piel y repetición.
- Calcular media y desviación estándar al final de cada bloque de 3 muestras por repetición.
- Utilizar fórmulas automáticas en plantilla digital (Excel/LibreOffice Calc) para agilizar estadísticas.

3.6.8. Condiciones Adicionales de Curtido y Ajustes Químicos

Parámetro	Especificación / Valor
Relación piel:baño	1:5 (peso seco de piel/volumen de baño, en kg/L)
pH inicial del curtido	4,8–5,0 (ajustado con NaOH 1 M y HCl 1 M según corresponda)
Incremento gradual de taninos	Fase 1: 3 % p/p (0–4 h); Fase 2: 5 % p/p (4–10 h)
Agitación	100 rpm (bañera con agitación mecánica programada)
Duración total curtido	12 horas (incluyendo lavados y neutralizaciones intermedias)
Temperatura de baño	25 °C (fase 1) y 30 °C (fase 2), controlada por baño termostataado
Repeticiones	3 (experimentales independientes por tipo de piel)
Ajuste intermedio de pH	7,0–7,2 (lavado final y neutralización con NaOH 0,5 M)
Secado final	Horno con ventilación forzada, progresivo de 30 °C a 50 °C (duración total 4 h)
Control de humedad antes de prueba	< 15 % (medido con higrómetro digital)

3.6.9. Notas sobre Acondicionamiento Previo y Post-Curtido

Actividad	Descripción Detallada
Desgrasado previo	Muestras tratadas con NaCl 2 % a 25 °C durante 1 h para eliminación de grasas superficiales; enjuague con agua para eliminar sales remanentes (0,5 h).
Acondicionamiento antes de ensayo	Almacenar muestras en cámara de humedad (20 °C, 65 % HR) por 48 h; etiquetar claramente con tipo de piel, número de repetición y orientación de fibra.
Protección intermedia (sellado)	Aplicar “sale” de protección al 1 % p/p después del lavado final de curtido; enjuague breve (0,15 h) para eliminar exceso; secado parcial en cabina de flujo laminar (0,30 h).
Vaciado de humedad (pre-secado)	Colgar muestras en cámaras ventiladas a 25 °C, 50 % HR por 12 h antes de ingreso al horno de secado; reducir humedad a 25–30 % para evitar deformaciones durante secado en horno convencional.
Acondicionamiento final (post-secado)	Una vez completado el ciclo de secado (4 h), trasladar a cámara de humedad (20 °C, 65 % HR) por 48 h; confirmar humedad final < 15 % antes de ensayo mecánico y medición de espesor y Ts.
Temperatura de baño	25 °C (fase 1) y 30 °C (fase 2), controlada por baño termostatado
Repeticiones	3 (experimentales independientes por tipo de piel)
Ajuste intermedio de pH	7,0–7,2 (lavado final y neutralización con NaOH 0,5 M)
Secado final	Horno con ventilación forzada, progresivo de 30 °C a 50 °C (duración total 4 h)
Control de humedad antes de prueba	< 15 % (medido con higrómetro digital)

3.6.10. Control de Calidad y Validación de Resultados

Criterio de Aceptación	Valor Límite / Criterio	Acción Correctiva
Humedad final del cuero	$\leq 15\%$ (ISO 2419)	Repetir secado en horno 1 h adicional a 50 °C; verificar calibración del higrómetro.
Promedio de espesor (variabilidad)	Desviación estándar $\leq 10\%$ del valor promedio (ISO 2419)	Ajustar parámetros de carga en prensa de secado; verificar calibración del medidor de espesor.
Resistencia a la tracción (variación intra-lote)	CV (coef. var.) $\leq 8\%$ entre repeticiones de un mismo tipo de piel (ISO 3376)	Revisar homogeneidad en curtido; asegurar agitación adecuada y control de pH; descartar muestras atípicas.
Alargamiento a rotura (variación intra-lote)	CV $\leq 10\%$ (ISO 3376)	Verificar integridad de probetas; corregir velocidad de corte de probetas; calibrar máquina de tracción.
Temperatura de shrinkage (Ts)	Rango esperado 65–75 °C para curtido vegetal (variabilidad $\pm 3\text{ °C}$)	Revisar condiciones de calentamiento del equipo DIP; calibrar termostato; descartar muestras anómalas y repetir ensayo.
Datos de absorción de agua	$\leq 150\%$ (incremento porcentaje de peso)	Controlar tiempo de remojo; verificar mediciones de peso; descartar muestras que excedan $\pm 10\%$ de promedio; repetir ensayo con nuevas muestras si persiste el error.

3.6.11. Registro Fotográfico y Documentación de Muestras

Para asegurar trazabilidad y poder revisar posibles anomalías, se establece el siguiente formato de registro fotográfico para cada etapa crítica del proceso de curtido:

Etapas	Fotografía Requerida	Formato y Resolución	Almacenamiento
Piel antes de curtido	Imagen frontal de superficie interna y externa	JPEG, 300 dpi	Carpeta: /muestras/bruto/FECHA/
Piel en fase 1 (4 h de curtido)	Imagen con etiqueta visible: tipo de piel, fase 1, pH actual	JPEG, 300 dpi	Carpeta: /muestras/curtido/fase1/
Piel en fase 2 (10 h de curtido)	Imagen con etiqueta visible: tipo de piel, fase 2, pH actual	JPEG, 300 dpi	Carpeta: /muestras/curtido/fase2/
Piel post lavado e inicio secado	Imagen con etiqueta: tipo de piel, hora de inicio secado	JPEG, 300 dpi	Carpeta: /muestras/secado/inicio/
Piel secada (terminado)	Imagen con etiqueta: tipo de piel, humedad final (%), fecha y hora	JPEG, 300 dpi	Carpeta: /muestras/secado/final/
Rotavapor (para concentración de extractos)	—	Rango vacío hasta 20 mbar, baño de agua hasta 100 °C, vidrio borosilicate	Büchi (R-210)
Estación de deshumidificación	—	Control de humedad relativa 30–70 % ± 2 % a 25 °C, capacidad 50 m ³	Testo (Model 512)

3.6.12. Seguridad y Manejo de Residuos

Peligro/Riesgo	Medida de Control	Tipo de Residuo Generado	Disposición Final Recomendada
Manipulación de NaOH (irritante)	Uso de guantes de nitrilo, protección ocular y máscara respiratoria	Soluciones alcalinas diluidas	Neutralizar con HCl hasta pH 7; verter lentamente en red de desagüe con abundante agua (cumpliendo norma local).
Manipulación de HCl (corrosivo)	Cabina de flujo laminar para preparación, guantes de neopreno, gafas de seguridad	Soluciones ácidas diluidas	Neutralizar con NaOH hasta pH 7; verter en red de desagüe con agua; registrar en bitácora de residuos líquidos.
Polvo de extracto de tara (orgánico)	Mascarilla FFP2, bata de laboratorio, evitar generación de polvo	Residuos vegetales generados por filtrado y lodos	Compostaje junto con otros residuos vegetales, siempre que no exceda límites de metales (según normativa municipal).
Residuos de piel curtida (rebajaduras)	Uso de guantes resistentes a cortes; almacenamiento en contenedores etiquetados	Sólidos orgánicos (piel curtida)	Valorización en compostaje industrial o preparación de briquetas; si contienen residuos de "sale", compostaje con monitoreo.
Efluentes de baño de curtido	Análisis previo de DBO, DQO, pH y metales; si exceden límites, redirigir a planta de tratamiento	Líquidos con taninos y sales residuales	Tratamiento en planta de aguas residuales; seguimiento según "Norma de calidad ambiental y descarga de efluentes" Libro VI.

El protocolo descrito ofrece un enfoque riguroso y detallado para la aplicación del curtiente vegetal (tara) en pieles de diferentes especies zootécnicas, utilizando normas internacionales (ISO 3376, ISO 2419, ISO 4045, ISO 3380, ISO 2419). La estructuración en cuadros permite la rápida interpretación de parámetros críticos —como tiempos, temperaturas, concentraciones, número de repeticiones y criterios de aceptación— y facilita la trazabilidad de cada etapa, desde la preparación de muestras hasta el análisis físico-mecánico. Para garantizar reproducibilidad, es esencial el estricto cumplimiento de las condiciones de laboratorio, calibraciones periódicas y registros fotográficos detallados. Este trabajo experimental sienta las bases para comparar, en estudios posteriores, el comportamiento del cuero vegetal frente al cuero curtido con cromo, permitiendo evaluar aspectos de sustentabilidad, desempeño mecánico y factibilidad de escalamiento a nivel industrial.

CAPITULO IV: PRODUCCION LIMPIA

4. PLAN DE NEGOCIO Y MANEJO DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

4.1. Necesidades del Mercado

Las empresas de curtiduría han encontrado la necesidad de satisfacer la demanda que existe del producto dentro de la ciudad de Riobamba; así mismo, cumpliendo las normativas vigentes del país, se podrá expandir a nivel nacional e internacional. Las ventajas competitivas se describen a continuación

- Al contar con una determinada tecnología y materia prima de calidad le permitirá producir productos de muy buena calidad.
- Al contar con un proceso productivo eficiente le permitirá reducir costos, lo que, a su vez, le permite vender a precios más bajos.
- Al utilizar productos no sintéticos se logrará reducir el impacto sobre el medio ambiente.
- Al contar con una propia planta se conseguirá producir las cantidades deseadas.

Las estrategias de ventas y el lanzamiento de la marca se describen a continuación.

El marketing se notará al contratar un diseñador de logos, el cual tiene el objetivo de diseñar un logo adecuado que llegue o impacte a los clientes o consumidores dentro del mercado. Este tipo de producto será dirigido para todo tipo de público, pero será especialmente a los niños, niñas y damas, con especial atención para las mujeres ya que ellas son las que consumen en mayor cantidad este tipo de productos. La fidelización de clientes comprende los siguientes aspectos que se describen a continuación:

- Se realizará una base de datos de todos los clientes, para así poder llevarle a sus empresas toda la información de cualquiera de nuestras novedades de la empresa, además de contar con un punto de venta en la ciudad de Riobamba con excelente atención al cliente.
- Se utilizarán estrategias como:
 - Correos electrónicos
 - Tarjetas VIP de puntos
 - Alianzas estratégicas
 - Promociones en el punto de venta según el stock,
 - Utilizar medios impresos y medios periodísticos
 - Promociones en fechas importantes (madres, padres, amor y amistad, diciembre)

Las Estrategias de precios para el plan de mercadeo del cuero se describe a continuación en los siguientes epígrafes

- El poder de los compradores se manifiesta a nivel nacional obligando a una variación constante de precios de acuerdo a su demanda.
- Los precios presentan un ciclo de descenso desde su punto más alto, desde enero hasta Agosto, y se empieza a recuperar desde septiembre hasta Diciembre, aunque podemos decir gracias a la investigación de mercados

realizada que las mujeres siempre tienen la necesidad de comprar durante todo el año.

Las estrategias de pago se consideran a continuación

- Los pequeños artesanos= efectivo y prestamos
- Las pequeñas y medianas empresas = Prestamos y Tarjetas en un plazo mínimo de 30 días
- Las grandes empresas = Mediante la firma de un contrato se tomará las decisiones adecuadas

Las estrategias de promoción y comunicación en la comercialización del cuero se describen a continuación:

- La promoción dependerá del stock que exista en nuestra empresa como también dependerá los meses de mayor demanda en donde habrá descuentos especiales. Utilizaremos medios masivos tales como periódicos, volates, radio, televisión, catálogos, revistas, correo electrónico, redes sociales, etc.
- Estrategia de servicios: Además de la calidad alta del producto las empresas curtidoras contarán con un personal capacitado en aspectos importantes como es el servicio, además de contar con instalaciones o medios de servicio al cliente.

4.2. Análisis de la matriz FODA

En la tabla 15, se indica la matriz de fortalezas, oportunidad debilidades y amenazas (FODA), en el ámbito de una producción limpia dentro de una planta de procesamiento de cueros:

Tabla 15: Matriz FODA

Fortalezas	Debilidades
<ul style="list-style-type: none"> • Prestigio en el mercado • Producto (cuero) de calidad, de gran variedad en colores y acabados de moda • Excelente ambiente de trabajo • Gerencia administrativa abierta a nuevas estrategias gerenciales para cumplir con la meta y objetivos de la empresa • Mejora continua del proceso productivo 	<ul style="list-style-type: none"> • Iliquidez financiera • Ciclos con ventas bajas • Políticas de disminución de costos y gastos sin análisis previos • Niveles de inventarios no acorde a las necesidades del cliente • Alta rotación del personal administrativo • Capacidad instalada no aprovecha al máximo (se produce el 20% de la capacidad instalada)
Oportunidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> • Apertura de nuevas líneas de mercado y de servicio • Constante requerimiento de productos nuevos por parte de los clientes • Tecnología cambiante permite la innovación de los productos • Demanda insatisfecha de clientes de exportación • Requerimiento de clientes para centros de distribución • Oportunidad de exportación de sus líneas 	<ul style="list-style-type: none"> • Los competidores, las curtiembres de Guano y Ambato. • Otras empresas que ofrezcan en precios más bajos. • Aumento de costos en productos utilizados en el proceso de transformación de piel a cuero. • Aumento de aranceles en la importación de las maquinarias.

4.3. Impactos ambientales

En la producción curtiembre se genera un conjunto de impactos que afectan en diferente medida a los principales factores ambientales. No obstante y debido a la naturaleza de los contaminantes el entorno puede asimilar la incidencia de los mismos, excepto las descargas de aguas residuales, que representan un 99% en la valoración de la extensión e importancia de los impactos globales; lo cual ha sido un determinante indicador de decisión en implementación de un sistema de depuración de las aguas residuales que permita tratar los vertidos hasta un nivel que sea tolerable por el ecosistema circundante logrando así una actividad no agresiva con el entorno.

El objetivo central de esta investigación ha sido la búsqueda de una solución en la curtición de pieles, empleando curtiente de extractos vegetales, que puedan reemplazar el cromo en este importante proceso de la industria del cuero y, de esta forma, ayudar a la menor contaminación ambiental. En este contexto se trabajó en el diseño de un sistema ecológico de curtido de pieles caprinas basado en la utilización de diferentes niveles de Tara, para la industria de las curtiembres que ayude a prevenir, mejorar y evitar la contaminación ambiental al momento de realización y terminación de productos elaborados con pieles; es decir, lograr una producción más limpia, destacando en los consumidores las nuevas formas de producción, las cuales están pensadas en la preservación del medio ambiente.

4.4. Balance de masas del sistema de curtición con la utilización de tara

Aplicando el axiomático principio en el campo de la química: “La materia no se crea ni se destruye, solo se transforma”, conocido como la Ley de Lavoisier-Lomonosov, se pudo llevar a cabo el balance de masa de la etapa de curtido

$$E = P + R + A$$

Donde:

E = Corrientes de entrada de materia prima e insumos

P = Corriente de productos

R = Corriente de residuos generados

A = Acumulación

En la Fig. 16, se presenta esquemáticamente el balance de masa durante el proceso de curtición

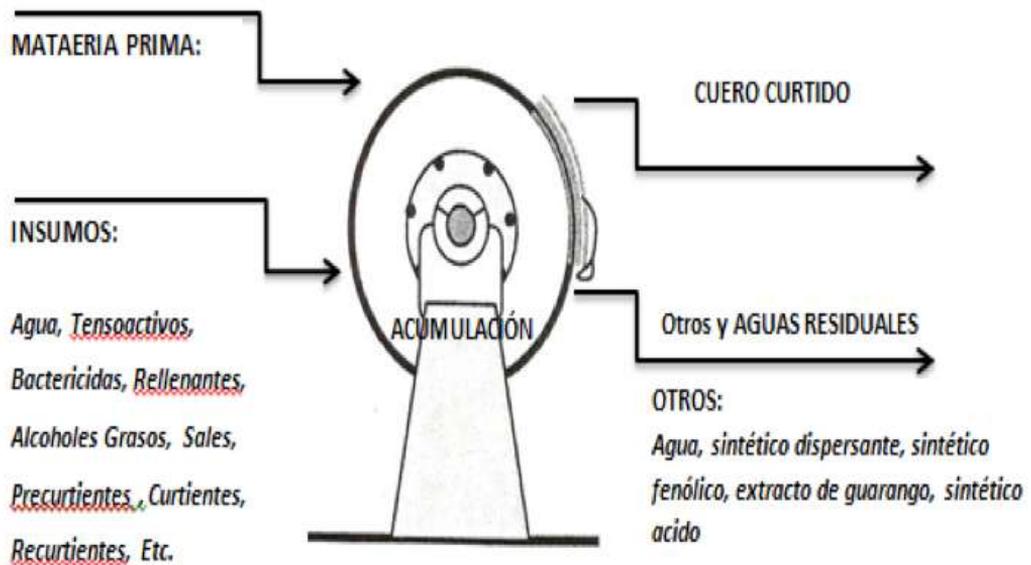


Figura 16: Representación esquemática del balance de masa durante el proceso de curtición.

Conociendo que la acumulación dentro del fulón es igual a cero, ya que el proceso es por tandas y al final de este se descarga completamente, se obtuvo la ecuación 5.2, que permite el desglose separado de materia prima e insumos.

$$E = M + I = P + R$$

Dónde:

M = Corriente de Materia prima (piel preparada para curtición al vegetal)

I = Corriente de insumos

P = Corriente de productos (cueros curtidos con extracto de Tara)

R = Corriente de residuos generados

Todo el proceso del cálculo de los diferentes flujos, de entrada y salida, se muestran a continuación en la tabla 16. Inicialmente se procedió al cálculo del peso total de las pieles caprinas utilizadas

Tabla 16: Peso total de las pieles caprinas utilizadas

Formulación	Sustitución de variables	Resultado
$Peso_{total} = Peso_{promedio} * Numero_{pieles}$	$Peso_{total} = 3 \frac{kg}{piel} * 30 \text{ pieles}$	$Peso_{total} = 90 \text{ kg}$

Bajo el modelo diseñado en la investigación la etapa de curtición tuvo un tiempo total de 13,3 horas para procesar las 30 pieles (unidades experimentales).

Cálculo del flujo de las pieles caprinas utilizadas.

Formulación	Sustitución de variables	Resultado
$Flujo_{pieles} = \frac{Peso_{total}}{Tiempo}$	$Flujo_{pieles} = \frac{90kg}{13,33h}$	$Flujo_{pieles} = 6,75 \frac{kg}{h}$

El consumo de los insumos y agente curtiente se calculan a partir del flujo de las pieles.

Cálculo del flujo del agua.

Formulación	Sustitución de variables	Resultado
$Flujo_{H_2O} = \frac{Flujo_{pieles} * \%f_{H_2O}}{100}$	$Flujo_{H_2O} = \frac{6,75 \frac{kg}{h} * 40}{100}$	$Flujo_{H_2O} = 2,70 \frac{kg}{h}$

Cálculo del flujo del sintético dispersante (Sd).

Formulación	Sustitución de variables	Resultado
Flujo_{Sd} $= \frac{\text{Flujo}_{\text{pieles}} * \%f_{Sd}}{100}$	$\text{Flujo}_{Sd} = \frac{6,75 \text{ kg/h} * 2}{100}$	$\text{Flujo}_{Sd} = 0,13 \text{ kg/h}$

Cálculo del flujo del sintético fenólico (Sf).

Formulación	Sustitución de variables	Resultado
Flujo_{Sf} $= \frac{\text{Flujo}_{\text{pieles}} * \%f_{Sf}}{100}$	Flujo_{Sf} $= \frac{6,75 \text{ kg/h} * 0,5}{100}$	$\text{Flujo}_{Sf} = 0,0037 \text{ kg/h}$

Cálculo del flujo del agente curtiente *Caesalpinia spinosa* (Tara)

Formulación	Sustitución de variables	Resultado
Flujo_{Cs} $= \frac{\text{Flujo}_{\text{pieles}} * \%f_{EG}}{100}$	$\text{Flujo}_{Cs} = \frac{6,75 \text{ kg/h} * 6}{100}$	$\text{Flujo}_{Cs} = 0,405 \text{ kg/h}$

Cálculo del flujo del extracto de curtiente de *Caesalpinia spinosa* (Tara).

Formulación	Sustitución de variables	Resultado
Flujo_{ECs} $= \frac{\text{Flujo}_{Cs} * 4_{\text{Aplicaciones}}}{100}$	Flujo_{ECs} $= 0,405 \text{ kg/h} * 4$	Flujo_{ECs} $= 1,62 \text{ kg/h}$

Observaciones: la *Caesalpinia spinosa* (tara) se aplicó 4 veces consecutivas

Cálculo del flujo auxiliar ácido.

Formulación	Sustitución de variables	Resultado
Flujo_{aa} $= \frac{\text{Flujo}_{\text{pieles}} * \%f_{EG}}{100}$	Flujo_{aa} $= \frac{6,75 \text{ kg/h} * 1,5}{100}$	$\text{Flujo}_{aa} = 0,10 \text{ kg/h}$

Habiéndose determinado que el 15% de los insumos de curtición permanecen en el cuero () se calculó, a partir de los flujos de entrada, la cantidad de cada insumo que se encuentra fijado al producto y el restante que se elimina en el agua residual; además, se asumió que las pieles poseían una correcta humectación y no captaron el agua de los baños. Los flujos de entrada y salida se presentan en la tabla 17.

Tabla 17: Flujo de entrada y salida de la materia prima, insumos productos y residuos

Reactivo	Flujo de entrada (En el agua residual)	Flujo de salida (fijado en el cuero)	Residuos
Materia prima (como pieles para curtido vegetal)	6,75	-	-
Agua	2,70	-	2,70
Sintético dispersante	0,13	0,0195	0,1105
Sintético fenólico	0,0037	0,00055	0,0031
Extracto de Tara	1,62	0,243	1,377
Sintético ácido	0,10	0,015	0,085
Producto (como cuero curtido)	-	7,028	-

La Fig. 5.2. Sintetiza todo el proceso llevado a cabo durante la curtición de las pieles caprinas.

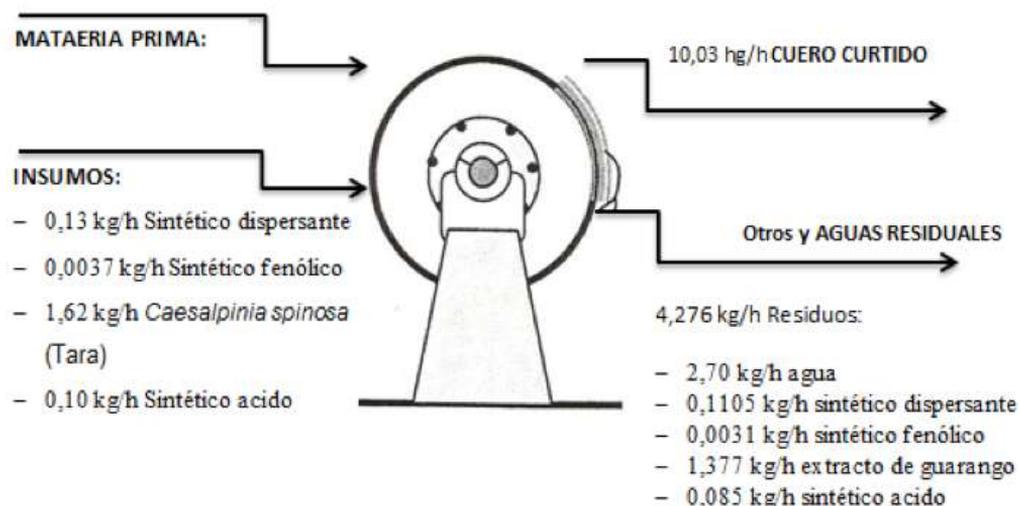


Figura 17. Representación esquemática del balance de masa durante el proceso de curtición, según valores calculados

Proyectando a una producción industrial de 100 pieles del mismo peso que las unidades experimentales utilizadas en la presente investigación, se obtuvieron los flujos expresados en la tabla 18

Tabla 18: Flujo proyectado de entrada y salida de la materia prima, insumos, producto y residuos para un proceso de 100 pieles

Reactivo	Flujo de entrada (kg/h)	Flujo de salida (fijado en el cuero: kg/h)	Residuos (eliminado en el agua residual: kg/h)
		-	-
Materia prima (como pieles para curtido vegetal)	112,78	-	-
Agua	45,112	-	45,112
Sintético dispersante	2,172	0,326	1,846
Sintético fenólico	0,062	0,00919	0,0518
Caesalpinia spinosa (tara)	27,0672	4,0601	23,00712
Sintético ácido	1,671	0,251	1,420
Producto (como cuero curtido)	-	117,425	-

4.5. Análisis del agua residual

4.5.1. Determinación del caudal a tratar

En base al análisis de las corrientes de productos (cuero terminado) y residuos generados (agua residual proveniente de la eliminación de los baños) se determinó que se generan, por cada 100 pieles procesadas, 71,34292 kg/h de agua residual; no obstante, la descarga del baño de curtido se produce de manera intermitente y tiene una duración de un minuto (en base al proceso de curtido). El caudal que deberá ser transportado por los canales de vertidos residuales es igual a 1,189 kg/s. se determinó por análisis del laboratorio la densidad del agua residual de los baños del curtido que asciende a 1,029 g/ml. De todo lo anterior, resulta que el caudal del agua residual (Q_{ar}) a tratar será igual a: 1,155 l/s' se según el cálculo utilizando la expresión 5.3.

$$Q_{ar} = 1,189 \frac{kg}{s} * \frac{1000g}{1kg} * \frac{1ml}{1,029g} * \frac{1l}{1000ml} = 1,155 \frac{l}{s}$$

4.5.2. Caracterización del agua residual a tratar (antes) en el ciclo de curtido con *Caesalpinia spinosa* (tara) con sistemas de jarras

Para lograr realizar el diseño de una planta de tratamiento se deben conocer principalmente dos valores: la cantidad del agua a tratar y la calidad de la misma; es por ello que se procedió a realizar la caracterización del agua residual; para ello se tomó muestras de agua de volumen de dos litros del efluente residual procedente de la eliminación del baño de curtición.

Para obtener valores totalmente representativos, se procedió a realizar la medición de los parámetros más sensibles in situ (preferencialmente el pH, la temperatura, la turbiedad y los gases), en vista a que los mismos fluctúan ampliamente con el paso de un corto período de tiempo. Para los restantes parámetros

se movilizó las muestras refrigeradas (a 4°C) hasta el laboratorio de análisis de la calidad de agua, procurando que el tiempo entre la toma de la muestra y la valoración de los parámetros fuera el mínimo posible.

Se realizó la toma de la muestra en la canaleta de recolección del agua residual en el tramo inmediato al sumidero de recolección, ubicado debajo del bomo; procurando recoger el agua justo en el instante de mayor flujo, para asegurarse de que la agitación generará un alto mezclado para una mayor representatividad. En la tabla 19, se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 19: Resultado de la caracterización realizada a las muestras de agua residual procedente de la eliminación del baño de curtición con *Caesalpinia spinosa* (tara).

Parámetros	Unidad	Valor
Aceites y grasas	mg/L	9,30
DB05	mg O2/L	1461,00
DQO	mg/L	3153,00
Sólidos sedimentables	mL/L	310,00
Sólidos suspendidos	mg/L	2101,00
Sul furos	mg/L	5,30
Sulfatos	mg/L	7274,00
Nitratos	mg/L	45,63
Carbonatos	mg/L	1820,00
PH	-	6,73
Temperatura	°C	25,00
Color	Unidades de color	5877,00
Caudal	l/s	5,94

Fuente: Arcos (2023)

4.5.3. Resultados de las pruebas de Jarras

Tal y como se puntualizó en el marco teórico, la dosificación del agente floculante se definió mediante la realización de pruebas de jarras, que permiten conocer la eficiencia en la remoción de la turbiedad en función de la dosificación del agente floculante. Para lograr especificar el proceso de tratamiento de las aguas residuales fue conveniente realizar análisis de pruebas de jarras, en vista a que la etapa que mayormente ayuda a la remoción de la carga contaminante está representada por la remoción de sólidos por floculación y sedimentación. Para ello se tomaron muestras de agua residual de tres diferentes baños (producto de la descarga de los baños dentro del curtido), y se procedió a la valoración inicial de los parámetros más representativos (turbiedad, pH y temperatura).

Posteriormente se dispuso en las cubas de análisis (de 2000 ml de capacidad) muestras tomadas (procedentes de la misma matriz por análisis) del agua residual, con constante agitación para evitar la sedimentación. Para evitar errores en el análisis el período de tiempo entre la toma de la muestra y el análisis fue el menor posible (aproximadamente 20 minutos como máximo). En vista a que el equipo utilizado solo puede analizar seis muestras a la vez se requirió captar 20 litros del agua residual para un solo análisis. Paralelamente a la preparación de la muestra, se realizó la preparación de las alícuotas de diferente concentración del floculante (en este caso se utilizó sulfato de aluminio comercial en vista a que es el producto de mayor demanda por parte de las plantas de tratamientos en la localidad lo cual genera que su precio sea bajo y exista una gran disponibilidad del mismo).

Para la preparación de las alícuotas se partió de una matriz de concentración de 1000 mg/l por medio de solubilizarían y dilución en un balón aforado de 1000 ml. Para obtener resultados fiables se realizó el pesaje del floculante por medio de una balanza analítica. Para obtener cada alícuota se realizó la dilución de un volumen conocido de la matriz con un volumen de agua necesaria para alcanzar una cantidad de alícuota igual a 50 ml y de concentración específica en función de la turbiedad. Para cada análisis se requirió preparar seis alícuotas del floculante con concentraciones separadas por rangos iguales, iniciando con diferencias en concentración altas hasta diferencias en concentraciones bajas para lograr una mayor sensibilidad en los resultados.

Una vez que las cubas fueron cargadas se procedió a la colocación de las mismas dentro del equipo iniciándose la agitación a 300 rpm para simular la mezcla rápida por resalto hidráulico por un lapso de tiempo igual a 10 segundos. Posteriormente se regulo la agitación a 60 rpm para simular una mezcla lenta durante 3 minutos y posteriormente se detuvo la agitación para simular la sedimentación por alrededor de 20 minutos. Una vez finalizado el periodo de simulación de sedimentación se recogió por medio de la llave de descarga de las cubas muestras del agua analizada para valorar el pH, turbiedad y temperatura final. Posteriormente se realizó el ordenamiento, procesamiento y determinación de la eficiencia de remoción de la turbiedad.

4.5.4. Límite permisible de descarga al sistema de alcantarillado público en curtiembres para curtido vegetal

Para poder conocer el valor de los parámetros a alcanzar dentro del agua tratada se verificó lo especificado dentro del Anexo 1 del libro VI del *Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente del Ecuador*; código donde se definen los parámetros de calidad del agua residual para poder ser descargada en el sistema de alcantarillado público, los cuales se indican en la tabla 20.

Tabla 20. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

Parámetros	Expresado como:	Unidad	Límite máximo permisible
Cianuro total	CN-	mg/l	1,0
Cobalto total	Co	mg/l	0,5
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo (ECC)	mg/l	0,1
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cromo Hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,5

Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,2
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O ₅ .	mg/l	250
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/l	500
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1,0
Fósforo Total	P	mg/l	15
Hierro total	Fe	mg/l	25,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20
Manganeso total	Mn	mg/l	10,0
Materia flotante	Visible		Ausencia
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	40
Plata	Ag	mg/l	0,5
Plomo	Pb	mg/l	0,5
Potencial de hidrógeno	pH		5-9
Sólidos Sedimentables		ml/l	20
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	220
Sólidos totales		mg/l	1 600
Selenio	Se	mg/l	0,5
Sulfatos	SO ₄ ⁼	mg/l	400
Sulfuros	S	mg/l	1,0
Potencial de hidrógeno	pH		5-9
Sólidos Sedimentables		ml/l	20
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	220
Sólidos totales		mg/l	1 600
Selenio	Se	mg/l	0,5
Sulfatos	SO ₄ ⁼	mg/l	400
Sulfuros	S	mg/l	1,0
Temperatura	°C		< 40
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	2,0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1,0
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0
Sulfuro de carbono	Sulfuro de carbono	mg/l	1,0
Compuestos organoclorados (totales)	Concentración de organoclorados totales.	mg/l	0,05

Organofosforados y carbamatos (totales)	Concentración de organofosforados y carbamatos totales.	mg/l	0,1
Vanadio	V	mg/l	5,0
Zinc	Zn	mg/l	10

4.6. Dimensionamiento del sistema de tratamiento de agua residual de proceso de curtido con productos vegetales

Para el dimensionamiento del sistema de tratamiento de agua residual de proceso de curtido con productos vegetales

PASO 1: Diseño del canal de recolección

Para la recolección del agua a tratar se proyectará un canal rectangular abierto de hormigón (para evitar estancamientos por los residuos sólidos de gran tamaño que se incorporan al efluente residual, y cuyo factor de rugosidad es igual a 0,017() y con una pendiente mínima de 1% (para asegurar el flujo en condiciones de caudal mínimo), las dimensiones del canal de recolección, según los cálculos se exponen en la tabla 21.

Tabla 21. Resultados del cálculo del ancho del canal

Formulación	Cálculos	Área	Formulación del ancho del canal (b)	Ancho del Canal ajustado
$AR^{2/3} = \frac{nQ}{s^{1/2}}$	$AR^{2/3} = 0,196$	$A = \frac{b^2}{2}$	$\left(\frac{b^2}{2}\right)\left(\frac{b}{4}\right)^{2/3}$	$b = 1,09m$
			$= 0,196$	
			$b = 0,995m$	

Observaciones:

- A: área del canal, R: radio hidráulico
- Perímetro Mojado de un canal abierto: $PM=b+2y$ (donde $y=0,54m$ representa la profundidad del canal).
- Considerando que el ancho del canal sea dos veces la profundidad del mismo.
- Utilizando un factor de seguridad del 10%⁽³⁾ para evitar derrames por la descarga violenta del bombo y la obstrucción por sólidos.

PASO 2: Diseño del sistema de cribado

Para el sistema de cribado se utilizará una rejilla que atraviese longitudinalmente el canal de recolección con una inclinación de 45° ; previéndose una separación entre barras igual a 0,025 m (dimensión ligeramente inferior al tamaño de los sólidos grandes y como barras se usará una varilla de acero de diámetro comercial igual a 0,01m. Las dimensiones del sistema de cribado se exponen en la tabla 22.

Tabla 22. Detalle de las rejillas para el cribado

Detalle	Valor
Ancho de la rejilla	1,09m
Longitud de la rejilla	0,41m
Proyección por el ángulo de 45°	1,41
Numero de barras	31
Diámetro de la barra	0,01m
Separación entre barras	0,025m

⁽³⁾ El factor de seguridad se ha considerado en vista a que el flujo de agua generado no es constante, la descarga se realiza posterior a la finalización del curtido.

El factor de seguridad se ha considerado en vista a que el flujo de agua generado no es constante, la descarga se realiza posterior a la finalización del curtido.

PASO 3: Diseño del desarenador

Para el cálculo de las velocidades de diseño se considera un diámetro de partícula a remover de 0.02 cm con una densidad relativa de la arena de 2,65 (determinados experimentalmente por medio de filtración del agua residual del baño de curtido) y una temperatura del agua de 17° C (se realiza el cálculo con la temperatura más baja durante el día en vista a que la viscosidad del agua a dicha temperatura será mayor generando una disminución en la velocidad de sedimentación, requiriéndose una dimensión de la cámara mayor) a la cual le corresponde una viscosidad cinemática de $1.0888 \cdot 10^{-2} \text{ cm}^2/\text{s}$ (valores tabulados). La determinación de la velocidad de sedimentación se calculó se muestra en la tabla 23 - 24.

Tabla 23. Cálculos para determinar la velocidad de sedimentación

Formulación	Velocidad de Sedimentación
$V_s = \frac{1}{18} g \left(\frac{\rho_s - 1}{\eta} \right) d^2$	$V_s = 3.300 \text{ cm/s}$
<p>Observaciones: g: constate de la gravedad, ρ_s: Densidad relativa , η: Viscosidad, d: diámetro de la partícula.</p>	

Para verificar el régimen de flujo se determina el número de Reynolds (Re). Posteriormente se realiza la determinación del coeficiente de arrastre (ver tabla 24).

Tabla 24. Cálculos para determinar el Número de Reynolds y el Coeficiente de Arrastre

Número de Reynolds	Resultado	Coeficiente de Arrastre	Resultado
$Re = \frac{V_s * d}{\eta}$	$Re = 6.06$	$C_D = \frac{24}{Re} + \frac{3}{\sqrt{Re}} + 0.34$	$C_D = 5.52$

Los cálculos para determinar la Velocidad de Sedimentación Corregida (debido al arrastre viscoso) y, el Área Superficial del Desarenador se realizaron los cálculos que se muestran en la tabla 25.

Tabla 25. Resultados de la Velocidad de Sedimentación y del Área Superficial del Desarenador

Velocidad de Sedimentación Corregido	Resultados	Área Superficial del Desarenador	Resultados
$V_s = \sqrt{\frac{4}{3} * \frac{g}{C_D} (\rho_s - 1) * d}$	$V_s = 2.79 \text{ cm/s}$	$A_s = \frac{Q * C_s}{V_s}$	$A_s = 0,1 \text{ m}^2$

Observaciones:

Cs: coeficiente de seguridad

Para el cálculo del área Superficial del Desarenador (A_s), se consideró una eficiencia del 75% (), y se utilizó un factor de seguridad de 1,75%

Considerando las recomendaciones de diseño establecidas por la Organización Panamericana de la Salud (2005), se determinaron las dimensiones del Desarenador con las relaciones, que se presentan en la tabla 26.

Tabla 26. Recomendaciones de diseño establecidas por la Organización Panamericana de la Salud (2005).

L	B	As	As	B	L	h
$L = 10B$	$B = h$	$A_s = L * B$	$A_s = 10B^2$	$B = 0,1m$	$L = 1m$	$h = 0,1m$

PASO 4: Diseño del sedimentador

Para el diseño del Sedimentador se dispuso de los valores del caudal y velocidad de sedimentación previamente determinados. Inicialmente se determinó el área, la cual se presenta en la tabla 27.

Tabla 27. Cálculo del Área del Sedimentador

Área del Sedimentador	Cálculo	Resultados
$A_s = \frac{Q}{V_s}$	$A_s = \frac{0,00115 \text{ m}^3/\text{s}}{0,0011 \text{ m/s}}$	$A_s = 1,05\text{m}^2$
Observaciones: Considerando una Velocidad de Sedimentación para partículas inestables tratadas con floculación igual a 0,0011 m/s (valor sugerido por la Organización Panamericana de la Salud).		

La tabla 28, muestra los resultados del cálculo para el Largo y Ancho preliminares del Sedimentador.

Tabla 28. Largo y Ancho preliminares del Sedimentador

Formulación	L	Sustituyendo	L	H	Largo preliminar Sedimentador	Longitud Total (*)
$A_s = L * B$	$L = 3B$	$A_s = 3B * B$	$L = 5H$	$H = 0,34m$	$L = 1,7m$	$L = 1,9m$

Observaciones:

- $B = 0,6 m$
- En base a los criterios de diseño establecidos por la Organización Panamericana de la Salud se determinó una relación largo/ancho igual a 3 y una relación larga profundidad igual a 5.

(*) El Sedimentador debe incrementarse en un 10% (valor sugerido por la Organización Panamericana de la Salud)

En vista a que el mantenimiento de los sedimentadores es constante se estima construir por lo menos una unidad adicional, es decir dos cámaras independientes de sedimentación en paralelo. La cámara de sedimentación debe estar separada de la zona de ingreso por una pantalla deflectora (para evitar la redisolución de los sedimentos). En vista a que se dispone de las dimensiones del sedimentador se procedió a la determinación del tiempo de residencia, lo cual se muestra en la tabla 29.

Tabla 29. Cálculo del Tiempo de Retención

Formulación	Formulación	Volumen	Tiempo de retención
$\tau = \frac{V}{Q}$	$V = L * B * h$	$V = 0,39 m^3$	$\tau = 339,13s$

4.7. Resultado de las cargas contaminantes después del tratamiento, como el límite permisible de descarga al sistema de alcantarillado público

En la tabla 30 se muestran los resultados de las cargas contaminantes después del tratamiento, como el límite permisible de descarga al sistema de alcantarillado público.

Tabla 30. Cargas contaminantes después del tratamiento, como el límite permisible de descarga al sistema de alcantarillado público

Parámetros	Unidad	Valor
Aceites y grasas	mg/L	86,23
DB05	mg O2/L	225,50
DQO	mg/L	4,76
Sólidos sedimentables	mL/L	14,75
Sólidos suspendidos	mg/L	183,00
Cromo hexavalente	mg/L	0,85
Cromo total	mg/L	0,72
Sul furos	mg/L	1,23
Sulfatos	mg/L	411,25
Nitratos	mg/L	37,79
Carbonatos	mg/L	0,12
PH	-	6,88
Temperatura	°C	23,77
Color	Unidades de color	152,82
Caudal	l/s	1,42

4.8. Comparación del análisis del agua antes y después del tratamiento primario

4.8.1. Demanda Bioquímica De Oxígeno (DBO₅)

Para determinar la calidad de tratamiento que ha recibido el agua residual, se analizó las respuestas obtenidas antes y después del tratamiento, para la prueba de demanda biológica de oxígeno (DBO₅), antes del tratamiento, con una media de 1461,00 mg O₂/l; mientras que, después del proceso de tratamiento se reportó una media de 225,50 mg O₂/l, con una reducción considerable de este parámetro de calidad de agua; de acuerdo a la normativa ecuatoriana el valor de DBO₅ no debe sobrepasar de 250 mg O₂/l para permitir la descarga del agua residual a la alcantarilla, debido a que en este sistema de curtido se utiliza materia orgánica (tara) para realizar el proceso de transformación de la piel a cuero; dentro del tratamiento que se propone en la presente investigación se tiene como primer paso la filtración del agua, esto hace que se eliminen los restos de piel y de pelo del animal que son de tamaño considerable, razón por la cual después del análisis se reduce el índice considerablemente, este proceso de tratamiento no es costoso y es fácil de tratar; así como también, los lodos obtenidos en la filtración pueden ser destinados para fertilizantes ya que son ricos en contenido de proteínas que permiten la fijación de nitrógeno en el suelo y también rico en nutrientes para el suelo lo cual aumentara la fertilidad.

4.8.2. Demanda Química De Oxígeno (DQO)

Dentro del análisis del DQO los resultados antes del tratamiento fue igual a 3153,00 mg/l, mientras que después del tratamiento se obtuvo medias iguales a 4,76 mg/l, siendo el índice máximo de acuerdo a la normativa nacional de 500 mg/l, al considerar que la prueba de DQO permite determinar cuánto oxígeno se necesitara para lograr eliminar tanto sustancias orgánicas como inorgánicas en el agua y como esta reducción de oxígeno afecta en el agua, ya que el oxígeno es

necesario para el desarrollo de la vida marina y si el agua es utilizado para el cultivo es necesario para mejorar las condiciones del suelo, debido a que en los diferentes procesos en la curtiembre se utiliza gran cantidad de agentes químicos que en su mayoría son solubles en agua son arrastrados por los mismos y esto genera que se necesite una gran cantidad de oxígeno para lograr la degradación de estas sustancias, pero debido a que en el proceso de tratamiento se utiliza sustancias químicas como floculantes. como se indica en la tabla 31. Estos tiene la función de lograr agrupar los iones disueltos en el agua y obtenerlos en formas de flocks para después ser sedimentados y desechados en los lodos, esto reducirá en gran cantidad el contenido de materia inorgánica ya que la naturaleza del floculante tiende a coagular la mayoría de sales disueltas, mientras que mediante el proceso de filtración se ha eliminado las sustancias orgánicas el agua queda sin un contenido considerable de materia extraña, esto ocasiona que cuando se dé el análisis posterior al tratamiento se obtiene un índice positivo para la prueba DQO, al no consumir mayor cantidad de oxígeno para poder degradar las sustancias esta es apta para utilizar en riego ya que sus propiedades no han sido alteradas.

Tabla 31. Comparación del análisis del agua antes y después del tratamiento primario

Parámetros	Unidad	Valor del Antes	Valor del después
DBO ₅	mg O ₂ /L	1461,00	225,50
DQO	mg/L	3153,00	4,76
Nitratos	mg/L	45,63	37,79
pH	-	6,73	6,88

4.8.3. pH

Se determinó que antes del tratamiento el pH tuvo un valor de 6,73; mientras tanto que, después del tratamiento de las aguas residuales el pH tuvo un valor de 6,88 mientras la normativa establece que para aguas residuales que quieran ser depositadas en la alcantarilla el pH debe estar entre 5-9, este estándar cumplen el agua antes y después del tratamiento pero lo que se sugiere es que el valor de

pH del agua este cercano al valor neutro o que alcance un valor igual a 7, esto hace que el agua se encuentre en condiciones ideales, ya que como se explicó en la anterior prueba el agua es de carácter ácido, debido a que se encuentra gran cantidad de sales disueltas y esto hace que la característica del agua sea de naturaleza ácida, al tratar las sales disueltas disminuye el valor de pH y su acidez, la importancia de que el agua este cercana al punto neutro es que no arrastra con si contaminantes de cualquier naturaleza, la disociación eléctrica de sustancias estables no se pueda dar por lo que ajustar las condiciones de pH del agua será fundamental para no alterar su calidad con lo cual no se genere una contaminación.

4.8.4. Nitratos

El análisis de contenido de nitratos del agua reporto, antes del tratamiento un valor de 45,63 mg/l; mientras que, después del tratamiento 37,79 mg/l de nitratos y la normativa ambiental ecuatoriana exige, agua residual depositada en la alcantarilla el valor sea igual a 40 mg/l de nitratos, dado que en el proceso ecológico de curtición no se involucra nitratos, en el proceso de desencalado para ajustar las condiciones de pH de la piel se utilizó amonio en una cantidad no representativa, ya que el nitrato no genera condiciones de contaminación en el agua; la misma no es una prueba determinante para medir la calidad del agua.

CAPITULO V. BIBLIOGRAFIA

1. Adzet, Romario. 2105. *Química Técnica de Tenerife*. [ed.] 2ª ed. Igualada. : Romanya-Valls, 2105. págs. 105,199 – 215.
2. Altamirano, Wilfrido. 2017. *Curtición de pieles caprinas con la combinación de Caesalpinia spinosa (tara) más un tanino sintético*. Escuela Superior Politecnica de Chimborazo, Riobamba : 2017.
3. Amangandi, Gladys. 2016. *Rediseño de la planta de tratamientos de aguas residuales de la curtiembre QUISAPINCHA provincia de TUNGURAGUA*. Riobamba : s.n., 2016.
4. AQUEIC. 2022. Normas de calidad del cuero destinado a la confeccion de articulos de tapiceria automotriz . [En línea] Asociación Española en la Industria del Cuero , 2022. <https://aqeic.org/>.
5. AQUIEC. 2022. Normas de calidad de los cueros destinados a la confeccion de calzado. [En línea] Asociación Española en la Industria del Cuero, 2022. <https://nortonsafe.search.ask.com/web?omnisearch=yes&q=Asociaci%C3%B3n+Espa%C3%B3l+en+la+Industria+del+Cuero+normas+de+calidad&annot=false&vendorConfigured=ask&o=APN12174&prt=SSS&ver=3.20.0.12&tpr=111&chn=store&guid=2c12d548-d0ad-451a-f173-e1d-f6a58bfc8&>.
6. Arcos. 2023. Curtición orgánica de pieles bovinas utilizando diferentes niveles de ácido. [En línea] DIALNET, 2023. <https://dialnet.unirioja.es/download/articulo/9292111.pdf>.
7. Artigas, Manuel. 2021. *Manual de Curtiembre. Avances en la curtición de pieles*. 1ª. Barcelona: Latinoamericana, 2021.
8. Asto, Lisseth. 2017. *Comparacion de diferentes tipos de curtientes en el cuurtido de pieles ovinas*. Escuela Superior Politecnica de Chimborazo , Riobamba : 2017.

9. Auquilla, Mercy. 2012. *Curtición de pieles ovinas con tres niveles de glutaraldehído en la obtención de cuero para marroquinería*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba – Ecuador : 2012.
10. Avila, Washington. 2016. El valor agregado del cuero caprino. [En línea] 22 de Octubre de 2016. [Citado el: 15 de Octubre de 2020.] <https://inta.gob.ar/documentos/el-valor-agregado-del-cuero-caprino>.
11. Bacardit, Anna. 2022. Cuero curtido al aluminio y wet white . [En línea] 12 de Enero de 2022. <https://es.scribd.com/document/414312914/CURTI-DO-AL-ALUMINIO-Y-WET-WHITE-docx>.
12. Barsallo, Diego. 2022. [En línea] PERFILES, 2022. https://ceaa.esPOCH.edu.ec/ojs/index.php/perfiles/article/view/67?utm_source=chatgpt.com.
13. Basantes, Edwin. 2020. Evaluación de las características físicas de pieles curtidas con un extracto hidroalcohólico a partir de *Caesalpinia spinosa*. [En línea] Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2020. https://www.eumed.net/rev/caribe/2018/12/pieles-curtidas-hidroalcoholico.html?utm_source=chatgpt.com.
14. Bello, Manuel. 2022 . Recirculación de baños en curtición de cueros con lana. [En línea] 2 de Marzo de 2022 . https://catalogo.latu.org.uy/opac_css/doc_num.php?explnum_id=236.
15. Bernat, Esteban. 2023. Estudio de la estabilidad hidrotérmica del cuero curtido con extractos vegetales mediante un método isométrico. [En línea] 2023. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0040603121000216>.
16. Cachote, Vilma. 2012,. *Elaboración de cuero plena flor para calzado con la utilización de diferentes niveles de glutaraldehído en la precurtición*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador : 2012,.
17. Callejas, Luciano. 2019. Propuesta de Mejoramiento de la Productividad de la Curtiduría Tungurahua S.A. Ubicada en la ciudad de Ambato . Ambato, Ecuador : s.n., 2019.
18. Castañeda, Angela. 2023. Proceso de la elaboración del curtido de la piel de conejo. [En línea] 2023. <https://es.scribd.com/document/353260182/Curtido-de-Piel-de-Conejo>.

19. Castro. 2022. Comparacion de tres metodos para determinar el porcentaje de taninos con el metodo de la norma ASTM D6401, aplicado prara la tara quinual mimosa y pino. [En línea] 2022. <https://studylib.es/doc/5314100/comparaci%C3%B3n-de-tres-m%C3%A9todos-para-determinar-el-porcentaje-de>.
20. Castro, Nadia. & Yépez, Arturo. & Pastor de Abram, Anderson. 2021. *Comparación de tres métodos para determinar el porcentaje de taninos con el método de la norma ASTM D6401 aplicado para la “tara”, “quinual”, “mimosa” y “pino*. Lima : Rev. Soc. Quím. Perú, 2021. pág. 34. Vol. 79.
21. Chapalbay, Tatiana. 2023. Comparación de curtientes vegetales en la obtención de cuero para calzado en pieles caprinas. [En línea] Escuela Superior Politecnica de Chimborazo , 2023. <https://dspace.esPOCH.edu.ec/items/d600770a-8d69-4f9c-820a-c61faef4f685>.
22. Chasiquiza, Christian. 2014. *Comparación de la curtición con extracto de poli fenoles vegetales de Caesalpinia Spinosa, con una curtición mineral con sulfato de cromo para pieles caprinas*. Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, RIOBAMBA - ECUADOR : 2014.
23. Chávez, Américo. 2015. Evaluación de las características físicas del cuero de llama (Lama Glama) raza QARA de dos dientes de edad curtido con cuatro niveles de tara (Caesalpinia Spinosa) . [En línea] 2015. epositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/770/TP%20-%20UNH%20ZOOT.%200040.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
24. Cordero, Bernardo. 2021. Tecnología de la Curticion . [En línea] BUBOK, 2021. <https://www.bubok.es/libros/205253/tecnologia-de-la-curticion-tomo-1>.
25. Corrales, Jessica. 2023. Procesos de curtido de pieles de cuy y de conejo. [En línea] 2023. <https://es.scribd.com/document/514897444/Curtido-de-Piel-Conejo-y-Cuy>.
26. Costa, Hermogenes. 2022. Aspectos estructurales de la piel ovina y su resistencia. [En línea] Sitio Argentino de Producción Animal, 2022. <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.produccion-ani>

- mal.com.ar/produccion_ovina/produccion_ovina/14-piel.pdf.
27. De la Cruz, Primo. 2022. Aprovechamiento integral y racional de la tara *Caesalpinia spinosa* - *Caesalpinia tinctoria*. [En línea] 2022. <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/733>.
 28. De la Torre, Lucia. 2021. Beneficios ambientales y recomendaciones generales para el mantenimiento sostenible de la *Caesalpinia spinosa* (Tara). [En línea] 2021. <https://condesan.org/wp-content/uploads/2018/10/Libro-Tara-Condesan-2.pdf>.
 29. Enriquez, Jose. 2023. Generalidades de la Tara. [En línea] 2023. https://www.arbolesornamentales.es/Caesalpiniaspinosa.htm?utm_source=chatgpt.com.
 30. Escoto, Juan. 2019. Curtido con extracto de acacia para valorar. [En línea] 2019. <https://ciatec.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1019/122/1/TFM%20-UdL%20de%20Juan%20Miguel%20Escoto%20Mart%C3%ADnez%20.pdf>.
 31. Fabara, Bladimir. 2021. Estudio de factibilidad para la producción de Guarango (*Caesalpinia spinosa*) en el cantón de Guano- Chimborazo- Ecuador. [En línea] CONAPROG, 2021.
 32. Faccini, Pablo. 2022. Intención de compra sostenible del consumidor por medio del proceso de producción curtido vegetal del cuero. [En línea] 28 de Enero de 2022. <https://repository.cesa.edu.co/handle/10726/4108>.
 33. Flores, Rafael. 2019. *Comparación de dos compuestos de alto agotamiento de cromo en el proceso de curtición de pieles ovinas*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba : 2019.
 34. Font, Ernesto. 2019. *Industria de la curtiembre. En análisis y ensayos en la industria del cuero*. Igualada : CETI, 2019.
 35. Garcés, Silvia. 2017. *Comparación de diferentes tipos de curtientes para el curtido de pieles caprinas*. Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, Riobamba – Ecuador : 2017.
 36. Gomez, Daniel. 2023. Proceso de Curtido de la Piel. [En línea] 2023. https://ddd.uab.cat/pub/estudis/2023/281209/CUIRSprocur_a2023.pdf.

37. Gomez, Xavier. 2023. El curtido de pieles. [En línea] CUIRSPROT, 2023. chrome-extension://efaidnbmninnibpcapjpcglclefindmkaj/https://ddd.uab.cat/pub/estudis/2023/281562/PELLETERIAbibcurpie_a2023.pdf.
38. Guachamín, Andrés. 2019. *Curticion de piel ovina con la utilizacion de varios niveles de tara (8, 9, 10%) y un orcentaje fijo de glutaraldehido (4%) para la obtencion de cuero para vestimenta*. Escuela Superior Politecnica de Chimborazo, Riobamba : 2019.
39. Guacho, Cristian. 2023. Utilización de diferentes niveles de butadieno en el acabado en seco de cueros caprinos para tapicería de automóvil. [En línea] Escuela Superior Politecnica de Chimborazo , 2023. <https://dspace.esPOCH.edu.ec/items/bf5f21c2-f73d-4eac-91ef-25118c403103>.
40. Gualoto, Monica. 2020. 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. . [En línea] UNACH, 2020. <https://1library.co/document/yr366n7y-implementacion-fulon-curticion-estudio-especies-laboratorio-ingenieria-agroindustrial.html>.
41. Guaminga, Lorena. 2016. *Curticion de pieles de cabra con el 15% de diferentes curtientes vegetales*. Escuela Superior Politecnica de Chimborazo, Riobamba : 2016.
42. Hidalgo. 2022. *Texto básico de Curtición de pieles*. [ed.] Segunda edicion. Riobamba, : Edit. ESPOCH., 2022. págs. pp. 10 – 56.
43. Hidalgo, Luis. 2022. Escala de calificacion pra variables sensoriales del cuero ovino curtido con diferente niveles de glutaraldehido mas 15% de tara. [En línea] ESPOCH, 2022.
44. Hinostrosa, Santiago. 2023. La piel bovina, de las mejores para los productos de cuero. [En línea] CEBA SALUD ANIMAL, 2023. <https://ruminants.ceva.pro/es/la-piel-bovina-de-las-mejores-para-los-productos-de-cuero>.
45. Hourdebaigt, Rigoberto. 2019. Aplicaciones industriales de los taninos vegetales: Nuevas fuentes, tecnología y control de calidad”. *Aplicaciones industriales de los taninos vegetales*. Lima, Perú : PUCRS, 24 de Abril de 2019.

46. Hussein, Isam. 2021. Determination of Tannins of Three Common Acacia Species of Sudan. [En línea] 2021. https://www.researchgate.net/publication/285579064_Determination_of_Tannins_of_Three_Common_Acacia_Species_of_Sudan.
47. INEC. 2023. Encuesta de Superficie y producción agropecuaria (ESPAC). [En línea] 2023. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/2024/Boletin_tecnico_ESPAC_2024.pdf.
48. Iza, Geovanna. 2019. Combinación de dos curtientes vegetales en la curtiduría de pieles de cuy para confeccionar artículos de peletería Media. [En línea] Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2019. <https://dspace.espoch.edu.ec/items/76fc4da0-9a4a-4fa4-ab43-de8779a01bd3>.
49. Jones, Celiano. 2020. *Manual de Curtición Vegetal*. Buenos Aires : Edit. LEMIN., 2020. págs. pp. 32 -53.
50. Lacerca, Manuelle. 2019. *Curtición de Cueros y Pieles*. Segunda edición . Buenos Aires, : Limusa, 2019. págs. 121 - 167.
51. Lizárraga, Flor. 2021. Evaluación comparativa de los métodos de curtiduría con tara y glutaraldehído aplicados en pieles de pollo. [En línea] 2021. <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/4612/Lizarraga%20Velasquez.pdf?sequence=1>.
52. Llerena, Julio. 2022,. Curtiduría de pieles ovinas y caprinas con curtientes orgánicas e inorgánicas. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo., Riobamba : 2022,.
53. López, Alberto. 2022. Capacidad antioxidante de poblaciones silvestres de “tara” (*Caesalpinia spinosa*) de las localidades de Picoy y Santa Fe (Provincia de Tarma, departamento de Junín). [En línea] 2022. https://doaj.org/article/80448bb9dddf4b06bd36359ad95486d0?utm_source=chatgpt.com.
54. Martínez, Lilian. 2023. “Aplicación de una curtiduría combinada con Granofin F 90, y tres diferentes niveles de sulfato de aluminio en pieles ovinas. [En línea] Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2023. <chrome-extension://efaidnbnmnibpcjpcglclefindmkaj/http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/6098/1/27T0327.pdf>.

55. Maya, Joselyn. 2019. Curtición de piel caprina con la utilización de niveles de taray un porcentaje fijo de glutaraldehído para la obtención de cuerpo para calzado. [En línea] Escuela Superior Politecnica de Chimborazo , 2019. <https://dspace.esepoch.edu.ec/browse/author?value=Maya%20Manzano,%20Joselin%20Fernanda&bbm.return=1>.
56. Morera, Jeremias. 2017. *Química Técnica de Curtición*. [ed.] 2ª Edición. Tercera edición. Igualada : Editorial Escuela Superior de Adobería. Editorial CETI., 2017,. págs. pp 16-18.
57. Mustafa, Asit. 2023. Sustainable leather tanning with Pontederia crassipes tannin: A promising eco-friendly alternative. [En línea] 2023. https://www.researchgate.net/publication/376923447_Sustainable_leather_tanning_with_Pontederia_crassipes_tannin_A_promising_eco-friendly_alternative.
58. Narvaez, Paola. 2021. 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. [En línea] 2021. https://www.researchgate.net/publication/309566304_Las_poblaciones_naturales_de_la_tara_Caesalpinia_spinosa_en_el_Ecuador_una_aproximacion_al_conocimiento_de_la_diversidad_genetica_y_el_contenido_de_taninos_por_medio_de_estudios_moleculares_y_bioquimi.
59. Orozco, Gloria. 2023. “La disponibilidad de las pieles de conejo y su impacto en la confección de indumentaria en los talleres de terminados “Alborada “Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua, durante el año 2014.”. [En línea] 2023. <https://nortonsafe.search.ask.com/web?ueid=-d011820d-551e-42b2-8aa7-bcdd2549427c&o=APN12174&ad=dirN&ctype=web&doi=2025-01-30&cmpgn=medici&browser=Chrome&prod=DS&installSource=other&darkMode=false&sameTabLaunch=false&annot=false&qo=serpSearchTopBox&q=Curtid>.
60. Perez, Ernesto. 2022. Curtido al cromo y al aluminio. [En línea] 18 de Enero de 2022. <http://curtido-de-pieles.blogspot.com/2014/03/tipos-de-curtido.html>.
61. Pilamunga, Edith. 2015. *Evaluacion de una curticion mixta de Granofin F90 mas tres diferentes niveles de Caesalpinia spinosa (tara)*. Escuela Superior Politecnica de Chimborazo , Riobamba : 2015.

62. Porcel, Karla. 2023. Introduccion al curtido de pieles . [En línea] 2023. https://www.academia.edu/10115866/CURTIDO_DE_PIELES_INTRODUC-CI%C3%93N.
63. Prado, Luis. 2023. Curticion estatic de la piel de conejo. [En línea] 2023. https://cueronet.com/exoticas/curtido_piel_conejo.htm.
64. Provencio, Enrique. 2023. Manual de Procedimientos para el Manejo Ade-cuado de los Residuos de la Curtiduría. [En línea] Instituto Nacional de Ecologia , 2023. <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/libros2009/CG002311.pdf>.
65. Puente, Cesar. 2018. Aplicacion de un proceso de curtido en pieles bovinas sin cromo utilizando oxazolidina en combinacion con Caelsaspinia spinosa (tara). [En línea] 2018. https://eventosindustrial.unmsm.edu.pe/upg_old/archivos/TESIS2018/DOCTORADO/tesis2.pdf.
66. Ramos, Maria. 2015. “Evaluación de metodologías para disminuir la conta-minación existente en los efluentes líquidos generados en el proceso de pro-ducción de la Curtiduría Aldás”. [En línea] 2015. <https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/4f49bc38-2666-43eb-838b-62692ae0f706/content>.
67. Rivadeneira, Carlos. 2019. “Evaluacion de tres concentraciones de agentes curtientes de tara Caesalpinia spinosa como alternativa en la curticion de peiles de conejo para peleteria. [En línea] 2019. <https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/9976/2/03%20EIA%20495%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>.
68. Rivera, Alejandra. 2018. Manual de defectos en cuero. [En línea] 2018. https://books.google.com.ec/books/about/Manual_de_defectos_en_cuero.ht-ml?id=SB88AAAACAAJ&redir_esc=y.
69. Rosales, Alberto. 2023. “Tratamiento de las aguas residuales del proceso de curtido en pieles por procesos fisico-químico de la curtiembre de la facultad de ingeniería química de la UNA- PUNO”. [En línea] 2023. https://www.academia.edu/38775423/universidad_nacional_del_altiplano_facultad_de_ingenier%c3%8da_qu%c3%8dmica_escuela_profesional_de_ingenier%c3%8da_qu%c3%8dmica.

70. Sancho, Jose. 2023. Procedimiento para la obtencion de sulfatos de aluminio, alumina abrasiva y alumbres de potasio y amonio a partir de polvos de electrofiltro de un proceso bayer. [En línea] Chemical & Material Sciences, 2023. <https://patents.google.com/patent/ES2324145B2/es#:~:text=El%20proceso%20consiste%20en%20varias,una%20calcinaci%C3%B3n%20de%20este%20producto..>
71. Schorlemmer, Jonaz. 2022. Resistencia al frote del acabado del cuero. [En línea] Tecnología en la producción de la piel, 2022. https://www.edym.net/Confeccion_en_piel_gratis/part01/lecc06/capitulo_603410.html.
72. Sela, Cristhian. 2018,. *Desarrollo de una formulacion de curticion vegetal utilizando Caesalpiinia spinosa (tara), en combinacion con glutaraldehido en la empresa de curtiembre AL - CE*. Escuela Superior Politencia de Chimborazo, Riobamba, Ecuador : 2018,.
73. Shahid, Rehman. 2023. Eco-Friendly Valorization and Utilization of Plant Waste as a Source of Tannin for Leather Tanning. [En línea] 2023. <https://www.mdpi.com/2071-1050/15/5/3884>.
74. Soler, Jaume. 2021. Química de la Fabricación del Cuero. [En línea] Universidad Politecnica de Catalunia , 2021. https://aqeic.org/libros/?utm_source=chatgpt.com.
75. Tasigchana, Jessica. 2017. *Obtención de un acabado semianilina en pieles caprinas curtidas con tara y aluminio con la aplicación de diferentes niveles de productos compactos*”. Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, Riobamba – Ecuador : 2017.
76. Tasnim, Rafia. 2022. Extracción fácil y aplicación prospectiva de tanino de Cassia fistula autóctona en la fabricación sostenible de cuero. [En línea] 2022. <https://www.tandfonline.com/author/Oaishi%2C+Rafia+Tasnim>.
77. Torres, Jhonatan. 2019. *Curtición de pieles de ovino pelibuey con diferentes niveles de Caesalpinia Spinosa (tara)*. Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, Macas – Ecuador : 2019,.
78. Zambrano, Manuel. 2019. Recuperación de técnicas ancestrales de curtido artesanal por método vegetal. [En línea] 2019. <https://www.inti.gob.ar/publicaciones/descargac/8>.

CAPITULO VI. BITACORAS DEL PROCESO DE PRODUCCION

5. BITACORAS DE PROCESOS DE PRODUCCION DE CURTICION ORGÁNICA

Receta para el proceso de desencalado, rendido y purgado, piquelado I, desengrase de cuero ovino utilizando diferentes tipos de curtientes: tara, cromo, curtiente sintético.

Proceso	Oper.	Producto	%	T°	Tiempo
DESENCALADO		Agua	200	35	30 min.
		Bisulfito de Sodio	0,2		
		BOTAR BAÑO			
		Agua	100	35	30 min.
		Formiato de Sodio	1		
		NaHSO ₃ (Bisulfito de Na)	1		60 min.
	RENDIDO		Rindente	0,2	
		BOTAR BAÑO			
BAÑO		Agua	200	Ambiente	30 min.
		BOTAR BAÑO			
1er. PIQUELADO		Agua	100	Ambiente	10 min.
		NaCl (sal)	5		
		HCOOH1:10 (Ac. Formico)	1,4		20 min.
		1 parte (Diluida)			20 min.
		2 parte			60 min.
		3 parte			
		HCOOH1:10 (Ac. Formico)	0,4		20 min.
		1 parte (Diluida)			
		2 parte			20 min.

		3 parte			20 min.
BOTAR BAÑO					
	BAÑO	Agua	100	35	60 min.
		Tenso activo Deja	2		
		Diésel	4		
BOTAR BAÑO					
	BAÑO		100	35	30 min.
			2		
BOTAR BAÑO					

Receta para el piquelado II, curtido y basicado de cuero ovino utilizando diferentes tipos de curtientes: tara, cromo, curtiente sintético.

Proceso	Oper.	Producto	%	T°	Tiempo	
SEGUNDO PIQUELADO		Agua	100	Ambiente	20 min.	
		NaCl (sal)	6			
		HCOOH1:10 (Ac. Formico)	1			
		1 parte (Diluida)				
		2 parte			20 min.	
		3 parte			60 min.	
	BOTAR BAÑO					
CURTICIÓN		TARA				
		Agua	60	Ambiente	10 min.	
		NaCl (sal)	10			
		HCOOH1:10 (Ac. Formico)	0,7	Ambiente	30 min	
		1 parte				
		2 parte				
		3 parte				
		TARA	8	Ambiente	1 h.	
		1 parte			1h	
		2 parte			3h	
		3 parte				
		HCOOH1:10 (Ac. Formico)	0,2	Ambiente	30 min	
		1 parte				
		2 parte				
		3 parte				
	BOTAR BAÑO LAVAR: 200% agua fría por 20 min APILAR: 48 Horas; RASPAR A CALIBRE: 1mm					

Receta para el proceso de desencalado, rendido y purgado, piquelado I, y desengrase de cuero ovino utilizando diferentes tipos de curtientes: tara, cromo, curtiente sintético.

Proceso	Oper.	Producto	%	T°	Tiempo	
DESENCALADO		Agua	200	35	30 min.	
		Bisulfito de Sodio	0,2			
		BOTAR BAÑO				
		Agua	100	35	30 min.	
		Formiato de Sodio	1			
		NaHSO ₃ (Bisulfito de Na)	1			
RENDIDO		Rindente	0,2			
		BOTAR BAÑO				
		BAÑO	Agua	200	Ambiente	30 min.
		BOTAR BAÑO				
1er. PIQUELADO		Agua	100	Ambiente	10 min.	
		NaCl (sal)	5			
		HCOOH1:10 (Ac. Formico)	1,4		20 min.	
		1 parte (Diluida)				
		2 parte			20 min.	
		3 parte			60 min.	
		HCOOH1:10 (Ac. Formico)	0,4		20 min.	
		1 parte (Diluida)				
		2 parte			20 min.	
		3 parte			20 min.	
BOTAR BAÑO						
	BAÑO	Agua	100	35	60 min.	
		Tenso activo Deja	2			
		Diésel	4			
BOTAR BAÑO						
	BAÑO		100	35	30 min.	
			2			
BOTAR BAÑO						

Receta para el piquelado II, curtido y basicado de cuero ovino utilizando diferentes tipos de curtientes: tara, cromo, curtiente sintético.

Proceso	Oper.	Producto	%	T°	Tiempo		
SEGUNDO PIQUELADO		Agua	100	Ambiente	20 min.		
		NaCl (sal)	6				
		HCOOH1:10 (Ac. Formico)	1				
		1 parte (Diluida)					
		2 parte			20 min.		
		3 parte			60 min.		
		BOTAR BAÑO					
CURTICIÓN		TARA					
		Agua	60	Ambiente	10 min.		
		NaCl (sal)	10				
		HCOOH1:10 (Ac. Formico)	0,7	Ambiente			
		1 parte			30 min		
		2 parte			30 min.		
		3 parte			30 min		
		TARA	8	Ambiente	1 h.		
		1 parte			1h		
		2 parte			3h		
		3 parte					
		HCOOH1:10 (Ac. Formico)	0,2	Ambiente			
		1 parte			30 min		
		2 parte			30 min		
		3 parte			1 h		
		BOTAR BAÑO LAVAR: 200% agua fría por 20 min APILAR: 48 Horas; RASPAR A CALIBRE: 1mm					

Receta para el proceso de desencalado, rendido y purgado, piquelado I, y desengrase de cuero caprino para la obtención de cuero para calzado masculino utilizando de mimosa en combinación con el curtiente sintético.

Proceso	Oper.	Producto	%	Cantidad en g/kg	T°	Tiempo	
Desencalado		Agua	200	kg	30	30 min.	
		Bisulfito de sodio	0,2	g			
	BOTAR BAÑO						
			Agua	100	kg	35	30 min.
			NaHSO ₃ (Bisulfito de Na)	1	g		60 min.
			Formiato de Sodio	1	g		
Rendido		Rindente	0,2	g			
	Botar baño						
	BAÑO	Agua	200	kg	Ambiente	30 min.	
	Botar baño						
Piquelado I		Agua	60	kg	Ambiente	10 min.	
		NaCl (sal)	6	kg		20 min.	
		HCOOH1:10 (Ac. Formico)	1,4	g			
		1 parte (Diluida)				20 min.	
		2 parte		g			
		3 parte		g		60 min.	
		HCOOH1:10 (Ac. Fórmico)	0,4	g		20 min.	
		1 parte (Diluida)				20 min.	
		2 parte		g			
		3 parte		g		20 min.	
	Botar baño						
Desengrase	BAÑO	Agua	100	kg	35	60 min.	
		Tenso activo deja	2	g			
		Diésel	4	g			
	Botar baño						
	BAÑO	Agua	100	kg	35	30 min.	
		Tenso activo Deja	2	g			
Botar baño							

Receta para el piquelado II, curtido y basificado de cuero para la obtención de cuero para calzado masculino utilizando mimosa en combinación con curtierte sintético.

Proceso	Oper.	Producto	%	Cantidad en g/kg	T°	Tiempo
Piquelado II	BAÑO	Agua	60	kg	Ambiente	20 min.
		NaCl (sal)	6	kg		
		HCOOH1:10 (Ac. Formico)	1,4	g		
		1 parte (Diluida)		g		20 min.
		2 parte		g		60 min.
		3 parte		g		
Rodar el bombo 30 min.						
		Mimosa	8,9,10	kg		
		Dividido en 4 partes		kg		40 min.
		1 parte				
		2 parte		kg		40 min.
		3 parte		kg		40 min.
		4 parte		kg		40 min.
Rodar 3 horas						
		Ácido Fórmico 1/10	0,4			
		1 parte		g		30 min.
		2 parte		g		30 min.
		3 parte		g		30 min.
		Curtiente sintético	5			
		Diluido 1/5		kg		
Rodas 60 minutos						
		Basificante diluido 1/10	0,3			
		1 parte		g		1 hora
		2 parte		g		1 hora
		3 parte		g		1 hora
Rodar 3 Horas						
	Agua	200		kg	Ambiente	30 min.
Botar Baño						
Perchar y Raspar Calibre 1,2 mm.						

Receta para acabados en húmedo de cuero caprino para la obtención de cuero para calzado masculino utilizando mimosa en combinación con curtiente sintético.

Proceso	Oper.	Producto	%	Cantidad en g/kg	T°	Tiempo	
REMOJO	BAÑO	Agua	200	kg	Ambiente	30 min.	
		Tenso activo (Deja)	0,2	g			
		HCOOH (Ac. Fórmico)	0,2	g			
	Botar baño						
Recurtir	BAÑO	Agua	100	kg	40	40 min.	
		Cromo	3	g			
		Recurtiente Fenólico	2	g			
	Botar baño						
Neutralizado	BAÑO	Agua	100	kg	40	60 min.	
		NaCOOH (Formiato de Na)	1	g		60 min.	
		Recurtiente neutral Pak	3	g		60 min.	
	Botar baño						
	BAÑO	Agua	300	kg	Ambiente	40 min.	
	Botar baño						
Tinturado	BAÑO	Agua	100	kg	40	10 min.	
		Dispersante	2	g		40 min.	
		Anilina	3	g			
		HCOOH	1	g			
Recurtido	BAÑO	Agua	30	kg	50	60 min.	
		Dispersante	1	g			
		Recurtiente de sustitución	3	g			
		Recurtiente Acrílico	3	g			
		Rellenante de faldas	4	g			

Química técnica de curtiduría orgánica con tara

Engrase	BAÑO	Agua	100	kg	70	60 min
		Grasa sulfitada	4	g		
		Grasa Sulfonada	12	Kg		
		Grasa Sulfatada	0,5	g		
Fijar	BAÑO	HCOOH (Ac. Fórmico) 1:10	1	g		10 min
		HCOOH (Ac. Fórmico) 1:10	1	g		10 min
		Anilina Catiónica 1:5	0,3	g		10 min
		HCOOH (Ac. Fórmico) 1:10	0,5	g	10 min	
		Anilina Catiónica 1:5	0,3	g	10 min	
		Aceite Catiónico 1:5	1	g	20 min	
	Botar baño					
	BAÑO	Agua	200	34,837,6kg	Ambiente	20 min
Botar baño						
Perchar (apilar flor con flor y tapar con fundas negras)						
Secado						

Receta de desencalado y piquelado i del cuero ovino curtido con tara y glutaraldehído.

Desencalado	BAÑO	Agua	200	25	30 minutos	
		Bisulfito de sodio	0.2			
	Botar					
	BAÑO	Agua	100	30	30 minutos	
		Bisulfito de sodio	1			
		Formiato de sodio	1		60 minutos	
		Producto rindente	0.1			
		Producto rindente	0.02		10 minutos	
	Botar					
	Lavado	Agua	200	25	20 minutos	
	Botar					
		Agua	60	Ambiente	10 minutos	
		Cloruro de sodio	10		30 minutos	
		Ácido fórmico 1:10	1			
		1 parte diluido			30 minutos	
		2 parte diluido			30 minutos	
		3 parte diluido			60 minutos	
		Ácido fórmico 1:10	0,4		30 minutos	
		1 parte diluido				
		2 parte diluido			30 minutos	
		3 parte diluido			60 minutos	
	Botar					

Receta de desengrase, piquelado II, curtido de cuero ovino curtido con tara y glutaraldehído.

Poceso	Oper.	Producto	%	T°	Tiempo	Trata- miento	Unidad
Pesar pieles							Kg
Desengrase	Baño	Agua	100	30	60 min.		
		Tensoactivo	2				
		Diesel	4				
	Botar baño						
	Lavado	Agua	200	Ambiente	20 min.		
Botar baño							
2do piquelado	Baño	Agua	60	Ambien- te	10 min.		
		Cloruro de sodio	10				
		Ácido fórmico 1:10	0.4		30 min.		
		1 parte diluido					
		2 parte diluido			30 min.		
		3 parte diluido			30 min.		
		Ácido fórmico 1:10	0.4		30 min.		
		1 parte diluido					
		2 parte diluido			30 min.		
		3 parte diluido			30 min.		
		Glutaraldehído 1:10	4		40 min.		
		Tara (4 partes)	8		1 hora		
		1 parte					
		2 parte					
		3 parte					
	Curtido	Ác. Oxálico	1		4 horas		
Botar baño							
	Lavado		200	30	20 min.		
Botar baño							
Cuero Wet							
Perchado					48 horas		
Calibre					0,8 mm		

Receta de acabado en húmedo de cuero ovino curtido con tara y glutaraldehído.

Poceso	Oper.	Producto	%	T°	Tiempo	Trata- miento	Unidad	
Pesar pieles								
Remojo	Baño	Agua	200	Ambiente	60 min			
		Tensoactivo	0.2					
		Ácido fórmico (HCOOH)	0.2					
	Botar baño							
Recurtido	Baño	Agua	200	30	40 min.			
		Cromo	0.2					
		Glutaraldehído orgánico diluido 1:50	0.2					
	Botar baño							
Neutralizado	Baño	Agua	100	40	60 min			
		Formiato de sodio	1					
		Recurtiente neutral Pak	2,5					
	Botar baño							
		Agua	300	40	40 min			
	Botar baño							

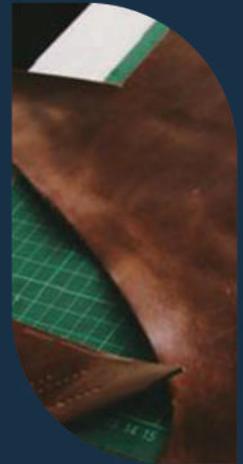
Receta de acabado en húmedo de cuero curtido con tara y glutaraldehído.

Poceso	Oper.	Producto	%	T°	Tiempo	Cantid.	Unidad
Tinturado	Baño	Agua	100	40	10 min.	28000	Gramos
		Dispersante	2			560	Gramos
		Anilina (color deseado)	3		40 min.	840	Gramos
Recurtido	Baño	Tara	4	50	60 min.	1120	Gramos
		Rellenante de faldas	3			840	Gramos
Engrase	Baño	Agua	50	70	60 min	14000	Gramos
		Ester fosfórico	6			1680	Gramos
		Parafina sulfoclorada	4			1120	Gramos
		Aceite mineral	1			280	Gramos
		Lanolina	2			560	Gramos
		Ácido fórmico	1		10 min.	280	Gramos
		Ácido fórmico	1		10 min.	280	Gramos
		Anilina	2		10 min.	560	Gramos
		Ácido fórmico	0.5		10 min.	140	Gramos
		Anilina	1		10 min.	280	Gramos
		Cromo	1		20 min.	280	Gramos
		Botar baño					
		Agua	200	Ambiente	20 min.	56000	Gramos
Botar baño							
Pechar	Apilar flor con flor y tapar con fundas				12 horas		
Reposo							
Secar y estacar							

Química Técnica de curtiduría orgánica con tara es el resultado de la interacción del estudio, la experiencia en producción, trabajo en procesos académicos, investigación científica y asesoría técnica para el sector de curtiduría de pieles del primer autor. En las mismas condiciones, el segundo autor, en el conocimiento de procesos y balances químicos. Ambos forman una simbiosis perfecta para la realización del presente libro. El propósito fundamental al escribir esta obra es proporcionar a profesionales pertenecientes al sector curtidor y personas interesadas en este tema, una descripción de la *Caesalpinia spinosa* (tara) o conocida como Guarango en Ecuador; especie vegetal leguminosa proveniente de zonas áridas y semiáridas de lomas costeras y de los valles interandinos. De raíz pivotante y que secuestra nitrógeno del aire y lo fija al suelo recuperando tierras erosionadas; rica en taninos hidrosolubles. Dando especial importancia al estudio de todos aquellos procesos críticos de transformación de piel en cuero orgánico vegetal, describiendo sus características físicas y calificaciones sensoriales; beneficios ambientales, sociales y económicos. Esperamos que este trabajo sea de utilidad para los colegas curtidores y encuentren en él una pauta que sirva para entender los procesos de curtición orgánica vegetal con Tara, Química Verde y Sostenibilidad Industrial.

Luis Eduardo Hidalgo Almeida (1966) nació en Ambato. Ingeniero zootecnista de la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo (Ecuador), magíster en Administración Ambiental de la Universidad Nacional de Chimborazo (Ecuador), máster en Dirección Técnica de Curtidos de la Universidad Politécnica de Cataluña (España), doctor (Ph.D.) en Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (Perú). Gerente de producción de varias empresas de curtiembre; profesor de las asignaturas Industria del Cuero e Industria de Fibras; decano y subdecano de la Facultad de Ciencias Pecuarias; director de la Carrera de Zootecnia; director del Instituto de Posgrado y Educación Continua ESPOCH; Investigador senior de la ESPOCH; diseñador curricular y creador de las carreras de Industrias Pecuarias, Agroindustrias y Veterinaria, maestría en Industrias Pecuarias y maestría en Agroindustrias; director de Proyectos de Investigación ESPOCH, Miembro del Comité Editorial de la revista *Reciena*.

Luis Carlos Hidalgo Viteri. Riobambeño, nació el 9 de enero de 1989, con estudios de pregrado en Ingeniería Química y de posgrado en Seguridad Industrial, docente de educación superior con experiencia en la aplicación del Método Inverso en las cátedras de Química y Seguridad Industrial por más de tres años; autor de diversos artículos de alto impacto en revistas de primer cuartil, coordinador de Salud Ocupacional y Seguridad Laboral en la Empresa Unión Cementera Nacional (UCEN). LA HONRA Y LA GLORIA SOLO A DIOS. (Col 3:23) Y todo lo que hagáis, hacedlo de corazón, como para el Señor y no para los hombres.



ISBN: 978-9942-51-688-6

