



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**INGENIERÍA QUÍMICA**

**“DISEÑO DE LA ETAPA DE CURTICIÓN DE PIEL BOVINA CON LA  
UTILIZACIÓN DEL EXTRACTO TÁNICO Y GÁLICO DEL GUARANGO  
*CAESALPINIASPINOSA*”**

Tesis de grado previa a la obtención del título de:

Ingeniero Químico

LUIS CARLOS HIDALGO VITERI

Riobamba – Ecuador

2013

## **DEDICATORIA**

*El presente trabajo está dedicado a mis padres Luis y Jessica, a mis hermanos Santiago y Javier y a todas y cada de las personas que influyeron dentro de mi formación tanto personal como educativa.*

## **AGRADECIMIENTO**

*Agradezco a Dios ante todo porque es la fuerza impulsora de mi vida, luego a mis padres, hermanos y demás familiares, a mis amigos y compañeros de aula.*

*A la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL CHIMBORAZO y en especial a cada uno de los conformantes de la Facultad de Ciencias y de la Escuela de Ingeniería Química, por brindarme sus conocimientos y dedicación.*

*A el Ing., Cesar Avalos, al Dc, Robert Cazar y a la Ing. Mónica Andrade por ser los dirigentes de mi trabajo de investigación.*

*A la fundación Biorecolte por brindarme todas los recursos necesarios para poder llevar a cabo la siguiente investigación*

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**ESCUELA DE ING. QUÍMICA**

El Tribunal de Tesis certifica que el trabajo de investigación: “DISEÑO DE LA ETAPA DE CURTICIÓN DE PIEL BOVINA CON LA UTILIZACIÓN DEL EXTRACTO TÁNICO Y GÁLICO DEL GUARANGO *CAESALPINIASPINOSA*”, de responsabilidad del señoregresado Luis Carlos Hidalgo Viteri, ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal de Tesis, quedando autorizada su presentación.

<b>NOMBRE</b>	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Dr. Silvio Álvarez <b>DECANO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS</b>	-----	-----
Ing. Mario Villacrés <b>DIRECTOR DE LA ESCUELA DE ING. QUÍMICA</b>	-----	-----
Ing. Cesar Avalos <b>DIRECTOR DE TESIS</b>	-----	-----
Dr. Robert Cazar <b>ASESOR DE TESIS</b>	-----	-----
Ing. Mónica Andrade <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>	-----	-----
Sr. Carlos Rodríguez <b>DIRECTOR CENTRO DE DOCUMENTACIÓN</b>	-----	-----

*Yo Luis Carlos Hidalgo Viteri, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados, expuestos en esta tesis, y el patrimonio intelectual de la tesis de grado pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.*

---

Luis Hidalgo V.

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

UNIDADES	VARIABLES
<b>kg:</b> kilogramos	<b>T:</b> temperatura
<b>g:</b> gramos	<b>T:</b> tiempo
<b>l:</b> litros	<b>TA:</b> temperatura ambiente
<b>°C:</b> grados centígrados	<b>H:</b> entalpia
<b>N:</b> newton	<b><math>W_m</math>:</b> trabajo del dispositivo
<b>mm:</b> milímetros	<b><math>\dot{W}</math>:</b> potencia del dispositivo
<b>hp:</b> caballos de potencia	<b>Q:</b> calor
<b>h:</b> horas	<b><math>\Delta E_c</math>:</b> variación de la energía cinética
<b>kJ:</b> kilo joule	<b><math>\Delta E_p</math>:</b> variación de la energía potencial
<b>s:</b> segundos	<b>%f:</b> porcentaje según formulación
	<b><math>F_N</math>:</b> Fuerza máxima
	<b>A:</b> área
	<b><math>L_0</math>:</b> longitud inicial de la probeta
	<b><math>L_2</math>:</b> longitud final de la probeta
	<b><math>D_e</math>:</b> deformación de la probeta
	<b>G:</b> constante de la gravedad
	<b>Nc:</b> revoluciones del bombo
	<b>d:</b> diámetro del bombo
	<b>w:</b> velocidad angular
	<b><math>F_z</math>:</b> fuerza centrífuga

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
<b>RESUMEN</b>	i
<b>ABSTRACT</b>	ii
<b>INTRODUCCIÓN</b>	iii
<b>ANTECEDENTES</b>	iv
<b>JUSTIFICACIÓN</b>	v
<b>OBJETIVOS</b>	vi
<b>CAPITULO I</b>	
1. MARCO TEÓRICO	1
1.1 La piel	1
1.1.1 Partes de la piel bovina	1
1.1.2 Histología de la piel bovina	2
1.1.2.1 La epidermis.	2
1.1.2.2 La dermis o córium.	3
1.1.3 Tipos de pieles	3
1.1.3.1 Pieles bovinas	4
1.1.4 Clasificación de las pieles bovinas	6
1.1.4.1 Pieles de ternera	6
1.1.4.2 Pieles de novillo	6
1.1.4.3 Pieles de vaca	7
1.1.4.4 Pieles de buey y toro	7
1.1.5 Nomenclatura y pesos de las pieles bovinas	8
1.1.6 Comercialización de los cueros	10
1.1.7 Calidad de las pieles en verde	10
1.1.8 Defectos de las pieles	10
1.1.8.1 Defectos propios de la estructura del animal	10
1.1.8.2 Defectos provocados por parásitos	11
1.1.8.3 Defectos por accidentes en el animal vivo	13
1.2 Química de la piel bovina	14
1.2.1 Composición	14
1.2.2 Aminoácidos y proteínas de la piel	14

1.3	Proceso de curtición	18
1.3.1	Materia prima para la curtición	19
1.3.2	La conservación de la piel en bruto	20
1.3.3	Etapas previas a la curtición.	20
1.3.3.1	Remojo	21
1.3.3.2	Pelambre	21
1.3.3.3	Calero	22
1.3.3.4	Descarnado	23
1.3.3.5	Dividido	23
1.3.3.6	Desencalado	24
1.3.3.7	Rendido	25
1.3.3.8	Piquel	25
1.4	Curtición con extractos vegetales	26
1.4.1	Tipos de curtición vegetal	26
1.4.1.1	Curtición en tinas	26
1.4.1.2	Curtición mixta tina-bombo	28
1.4.1.3	Curtición en bombo	28
1.4.1.4	Curtición en bombo con baño	28
1.4.1.5	Curtición en bombo en seco	29
1.4.2	Química de la curtición con extractos vegetales	29
1.4.2.1	Composición de los extractos vegetales	29
1.4.2.2	Tipos de extractos tánicos	30
1.4.2.2.1	Taninos hidrolizables o pirogálicos	30
1.4.2.2.2	Taninos condensados o catequínicos	32
1.4.3	Estudio químico-físico de los taninos	33
1.4.3.1	Efecto de la concentración	38
1.4.3.2	Efecto del pH	33
1.4.3.3	Efecto de las sales neutras	34
1.4.3.4	Viscosidad	35
1.4.4	Reactividad de los taninos	36
1.4.5	Producción de extractos vegetales	38
1.4.5.1	Molturación o trituración:	38
1.4.5.2	Extracción del material	38
1.4.5.3	Clarificación	39

1.4.5.4	Concentración	39
1.4.5.5	Tratamientos químicos	39
1.4.6	Principios y mecanismo de la curtición vegetal	40
1.4.6.1	Penetración	40
1.4.6.1.1	Estructura de la piel	40
1.4.6.1.2	Temperatura	41
1.4.6.1.3	pH	41
1.4.6.1.4	Concentración	41
1.4.6.1.5	Acción mecánica	41
1.4.6.1.6	Concentración salina	41
1.4.6.2	Fijación	42
1.4.6.2.1	Tratamiento previo de la piel	42
1.4.6.2.2	pH	42
1.4.6.2.3	Temperatura	48
1.4.6.2.4	Concentración salina	44
1.4.6.2.5	Concentración tánica	44
1.5	El guarango	45
1.5.1	El guarango en la industria del curtido	46
1.5.2	Ventajas técnicas	49
1.6	Análisis físicos del cuero	50
1.6.1	Resistencias físicas del cuero	50
1.6.2	Medición de la resistencia a la tracción y porcentaje de elongación	50

## **CAPITULO II**

2.	PARTE EXPERIMENTAL	54
2.1	Muestro	54
2.1.1	Zonas del cuero para el muestreo	55
2.1.2	Toma de la muestra para hojas o bandas (IUP 2).	56
2.1.2.1	Extensión	56
2.1.2.2	Definiciones	56
2.1.2.3	Localización y Selección de las muestras de laboratorio	56
2.1.2.3.1	Localización de la muestra en bandas y cueros enteros:	56
2.1.2.3.2	Localización de la muestra para cuprones	58
2.1.2.3.3	Localización de la muestra en cuellos	59
2.1.2.3.4	Localización de la muestra en faldas	60

2.1.2.4	Almacenamiento de las muestras de laboratorio	61
2.1.2.5	Identificación de las muestras de laboratorio	61
2.1.2.5.1	Marcado	61
2.1.2.5.2	Etiquetado	61
2.1.2.5.3	Acondicionamiento	61
2.1.3	Localización de la investigación	63
2.1.4	Alcance de la investigación	63
2.2	Metodología	63
2.2.1	Métodos	63
2.2.1.1	Método científico de investigación	63
2.2.1.2	Método empírico.	64
2.2.1.2.1	Método fáctico	64
2.2.1.2.2	Verificación empírica	65
2.2.1.2.3	Factibilidad para toma de muestras	65
2.2.1.3	Método empírico experimental	65
2.2.2	Técnicas	66
2.2.2.1	Determinación de la resistencia a la tracción y del porcentaje de elongación según la normativa IUP 6.	67
2.2.2.1.1	Objetivo	67
2.2.2.1.2	Aparatos	67
2.2.2.1.3	Procedimiento para el ensayo	68
2.2.2.1.4	Cálculos y expresión de resultados	69
2.2.2.2	Análisis sensorial del cuero	71
2.2.2.2.1	Llenura	71
2.2.2.2.2	Blandura	72
2.2.2.2.3	Redondez	73
2.2.2.3	Técnicas de recopilación y análisis del material bibliográfico	74
2.2.2.3.1	Compilación de la información previa	74
2.2.2.3.2	Diarios de Campo	74
2.2.2.4	Técnicas de recolección y tabulaciones de datos	75
2.2.2.4.1	Objetivos que se busca con la selección de las técnicas de recolección de datos	75
2.2.2.4.2	Fuente de datos	76
2.2.2.4.3	Técnicas de recolección de datos	77
2.2.2.4.4	Observación	77

2.2.2.4.5	Toma de datos directa a partir de análisis de laboratorio	77
2.3	Datos experimentales	78
2.3.1	Diagnostico	78
2.3.1.1	Descripciones del proceso de curtición bajo un modelo de curtición tradicional con sales de cromo (III)	78
2.3.1.1.1	Pelambre y calero	79
2.3.1.1.2	Descarnado	80
2.3.1.1.3	Dividido	81
2.3.1.1.4	Desencalado y rendido	81
2.3.1.1.5	Desengrase	82
2.3.1.1.6	Piquel	83
2.3.1.1.7	Curtición al cromo	84
2.3.1.1.8	Rebajado o raspado	85
2.3.1.1.9	Neutralización	85
2.3.1.1.10	Recurtición	86
2.3.1.1.11	Tintura o teñido	87
2.3.1.1.12	Engrase	88
2.3.1.1.13	Acabado	89

### **CAPITULO III**

3.	LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	97
3.1	Cálculos	98
3.1.1	Calculo de las cantidades de insumo necesarias para el curtido.	98
3.1.1.1	Cálculo de la cantidad requerida de agua	99
3.1.1.2	Cálculo de la cantidad requerida de sintético dispersante	99
3.1.1.3	Cálculo de la cantidad requerida de sintético fenólico	100
3.1.1.4	Cálculo de la cantidad requerida de aceite sulfitado	101
3.1.1.5	Cálculo de la cantidad requerida del extracto de guarango.	102
3.1.1.6	Cálculo de la cantidad requerida de sintético auxiliar acido	103
3.1.2	Cálculos para el dimensionamiento del bombo para la etapa de curtido	104
3.1.3	Calculo del número de revoluciones del bombo en condiciones de operación normal (Nc) para el curtido	106
3.1.4	Calculo de las resistencias físicas del cuero	111
3.1.4.1	Determinaciones del área de las probetas	111

3.1.4.2	Cálculo del porcentaje de elongación	113
3.1.4.3	Cálculos de la resistencia a la tracción	117
3.1.5	Balance de masa en la etapa de curtición utilizando extracto de guarango como agente curtiente	119
3.1.6	Balance de masa en la etapa de curtición utilizando extracto de guarango como agente curtiente	126
3.2	Resultados	131
3.2.1	Resultados de los análisis físicos	131
3.2.1.1	Dimensiones de las probetas de análisis	131
3.2.1.2	Deformación y porcentaje de elongación	132
3.2.1.3	Carga máxima y esfuerzo (resistencia a la tracción)	133
3.2.2	Análisis sensorial de los cueros terminados	134
3.2.2.1	Blandura	134
3.2.2.2	Llenura	135
3.2.2.3	Redondez	136
3.3	Propuesta	136
3.3.1	Diagrama del proceso	138
3.4	Análisis y discusión de los resultados	139
3.4.1	Resistencia a la tracción	139
3.4.2	Porcentaje de elongación	142
3.4.3	Blandura	146
3.4.4	Llenura	148
3.4.5	Redondez	151

#### **CAPITULO IV**

4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	154
4.1	Conclusiones	154
4.2	Recomendaciones	155

#### **BIBLIOGRAFÍA**

#### **ANEXOS**

## LISTA DE FIGURAS

N°		Pág.
1.	Partes de la piel bovina	6
2.	Distribución espacial de la molécula de colágeno.	21
3.	Distribución de los componentes de la piel.	22
4.	Diagrama de curtición vegetal en tinas	27
5.	Diagrama de curtición vegetal mixta tina-bombo	28
6.	Taninos gálicos de extractos de zumaque, guarango y agallas.	31
7.	Taninos elágicos de extractos de castaño, valonea y mirabolano.	32
8.	Condensación de la catequina para formarlos taninoscatequínicos.	32
9.	Enlace entre el tanino vegetal y la proteína de la piel	36
10	Factibilidad de curtición en función al tamaño de la molécula de tanino.	37
11.	Diagrama de la obtención de los extractos vegetales a contracorriente.	39
12.	Localización de la toma de muestra	55
13.	Representación del cuero sin cabeza mostrando la localización de muestras para bandas.	57
14.	Representación de un medio crupón denotando la localización de la toma de muestra para crupones.	58
15.	Representación de un medio cuello denotando la localización de la toma de muestra para cuellos.	59
16.	Representación de una media falda denotando la localización de la toma de muestra para faldas.	60
17.	Forma de la probeta	68
18.	Vista frontal de una divididora	80
19.	Conjunto cilindros-cuchilla dentro de una divididora.	81
20.	Localización de la toma de muestra.	82
21.	Movimiento del contenido del bombo de curtido en condiciones normales de operación.	106
22.	Balance de masa de la etapa de curtición con extracto de guarango	125

## LISTA DE TABLAS

N°		Pág.
1.	Márgenes de peso utilizados en el comercio de las pieles en bruto.	6
2.	Composición química aproximada de la piel bovina recién desollada.	14
3.	Numero de uniones de Ester en la molécula de tanino.	31
4.	Análisis químico en los frutos del guarango (vainas y semillas).	48
5.	Resistencias a la tracción de diversos materiales.	53
6.	Condiciones estándar de acondicionamiento	62
7.	Dimensiones de las probetas.	68
8.	Variación topográfica de la concentración de algunos componentes químicos del cuero según un estudio del National Bureau of Standards.	92
9.	Resumen de las resistencias físicas tomadas a 50 muestras de cuero curtido al cromo	93
10	Capacidad de los bombos y potencia del motor	96
11.	Medición del ancho y espesor de las probetas para pruebas físicas	112
12.	Área de aplicación del esfuerzo mecánico las probetas en distintas unidades	113
13.	Longitud inicial y deformación a la ruptura de las probetas	114
14.	Longitud final a la ruptura de las probetas	115
15.	Porcentaje de elongación a la ruptura de las probetas.	116
16.	Carga máxima soportada por las probetas en diferentes unidades	118
17.	Resistencia a la tracción específica, en N/mm <sup>2</sup>	119
18.	Flujo de entrada y salida de la materia prima, insumos productos y residuos	124
19.	Flujo proyectado de entrada y salida de la materia prima, insumos, producto y residuos para un proceso de 100 pieles	126
20.	Resultado de la prueba t de Student de la resistencia a la tracción de los cueros curtidos con cromo vs los cueros curtidos con guarango.	140
21.	Resultado de la prueba t de Student del porcentaje de la elongación de los cueros curtidos con cromo vs los cueros curtidos con guarango.	145
22.	Resultado de la prueba t de Student de las puntuaciones de blandura de los cueros curtidos con cromo vs los cueros curtidos con guarango.	147
23.	Resultado de la prueba t de Student de las puntuaciones de llenura de los cueros curtidos con cromo vs los cueros curtidos con guarango.	149
24.	Resultado de la prueba t de Student de las puntuaciones de redondez de los cueros curtidos con cromo vs los cueros curtidos con guarango.	152

## LISTA DE CUADROS

N°		Pág.
1.	Nomenclatura de la piel dependiendo de la epata de la cual procede.	9
2.	Factores para el muestreo del cuero	54
3.	Plantilla para cálculos de resistencia a la tracción y % de elongación	69
4.	parámetros de aceptación del cuero según la normativa IUP 6	70
5.	Análisis cuantitativo de taninos en la harina de vaina de guarango y en los extractos tánicos utilizando el método de Folin -Ciolcateu, expresado en 100 g de muestra seca.	93
6.	Valoración del impacto ambiental producido por el proceso de curtido con cromo.	94
7.	Valoración del impacto ambiental producido por el proceso de curtido con extractos vegetales.	95
8.	Dimensionamiento de los bombos en función al peso de pieles procesadas.	105
9.	Dimensionamiento del bombo para la etapa de curtido con una carga de 2100 kg de piel	106
10	Formulación de la etapa de curtición con extracto de guarango	137

## LISTA DE GRÁFICOS

N°		Pág.
1.	Concentración crítica del extracto.	33
2.	Curva de penetración y fijación del tanino con respecto al pH	34
3.	Variación del peso de las partículas del extracto vegetal en función a la concentración salina.	35
4.	Efecto de la temperatura y solidos disueltos sobre la viscosidad del extracto	41
5.	Influencia del pH sobre la fijación del tanino.	48
6.	Influencia de la temperatura con la fijación del agente curtiente sobre la piel	44
7.	Representación de las fuerza de tracción respecto a la elongación.	52
8.	Resistencia a la tracción de los cueros curtidos con extracto e guarango en comparación con la normativa IUP 6	139
9.	Comparación entre los valores medios de la resistencia a la tracción de los cueros curtidos con sales de cromo y los cueros curtidos con extracto de guarango.	141
10.	Comparación entre las repuestas de la resistencia a la tracción de los cueros tradicionales y de los cueros curtidos con guarango.	142
11.	Porcentaje de los cueros curtidos con extracto de guarango en comparación con la normativa IUP 6	143
12.	Comparación entre los valores medios del porcentaje de elongación de los cueros curtidos con sales de cromo y los cueros curtidos con extracto de guarango.	144
13.	Comparación entre las repuestas de la resistencia a la tracción de los cueros tradicionales y de los cueros curtidos con guarango.	145
14.	Comparación entre las puntuaciones medias de la blandura de los cueros curtidos con sales de cromo y los cueros curtidos con extracto de guarango.	146
15.	Comparación entre las puntuaciones de la blandura de los cueros tradicionales y de los cueros curtidos con guarango.	148
16.	Comparación entre las puntuaciones medias de la llenura de los cueros curtidos con sales de cromo y los cueros curtidos con extracto de guarango.	149
17.	Comparación entre las puntuaciones de la llenura de los cueros tradicionales y de los cueros curtidos con guarango.	150
18.	Comparación entre las puntuaciones medias de la redondez de los cueros curtidos con sales de cromo y los cueros curtidos con extracto de guarango.	151
19.	Comparación entre las puntuaciones de la blandura de los cueros tradicionales y de los cueros curtidos con guarango.	153

## LISTA DE ECUACIONES

N°		Pág.
1.	Aceleración del bombo en condiciones de operación normal.	109
2.	Velocidad angular del bombo en función de $N_c$	109
3.	Numero de revoluciones por minuto del bombo en condiciones de operación normal	111

## RESUMEN

La presente investigación consistió en el diseño de la etapa de curtición de cueros bovinos con la utilización de extractos de guarango como agente curtiente, detallándose 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 replicó el proceso a escala de laboratorio en 6 piletas bovinas serranas de buena calidad, dentro del laboratorio de curtiembre, Facultad de Ciencias Pecuarias, Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, obteniéndose cuero plena flor para calzado y marroquinería, el mismo que fue sometido a pruebas físicas (tracción máxima 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 tracción máxima igual a 2,65 N/mm<sup>2</sup> y 43% para el porcentaje de elongación, paralelamente las puntuaciones medias de blandura, llenura y redondez fueron de 3,42; 4,67; 4,50 puntos en su orden.

Paralelamente se realizó una curtición tradicional con sales de cromo para comparar los resultados que arrojaron las pruebas físicas y sensoriales de dichos cueros en contraste con las respuestas de las pieles tratadas con guarango, concluyendo que se obtiene un producto (expresado como cuero terminado) de mayor calidad bajo un modelo de curtición vegetal con extracto de guarango, denotado en el diseño de proceso de la investigación, es por esto que se recomienda la aplicación de los extractos de guarango en la industria de curtiembre nacional.

## **ABSTRACT**

The present research consisted of a design of the stage of tanning of bovine leather by using extracts of guarango as tanning agent, detailing the variable of process to control the respective operating conditions, in order to establish the basis for an ulterior rep at industrial scale, obtaining multiple benefits.

The process was repeated to laboratory scale in six piles of bovines highline of good quality within the tannery laboratory in the Animal Sciences Faculty, Escuela Superior Politecnica del Chimborazo, obtaining leather to make shoes and leather industry, the same that was subjected to physical test (maximum traction and percentage of elongation) and sensorial analysis (softness, fullness, roundness) to evaluate the quality of the product and efficiency of the design.

A media was obtained for the maximum traction equal to 2.65 N/mm<sup>2</sup> and 43% for the percentage of elongation, paralelly media score of softness, fullness and roundness were 3,42; 4.67; 4,50 points in this order.

A traditional tanning with chromium salt was carried out to compare the results of the physical and sensorial test of these leathers in contrast to the responses of the treated skin whit guarango, concluding that a product is obtaining, whit extract from guarango, denoting in the design of process of the research, that is why, it is recommended the applying of the extracts from guarango in the national tannery industry.

## INTRODUCCIÓN

La curtición de pieles es una actividad industrial que día a día se actualiza al ritmo de los avances de la investigación de nuevos productos químicos, por ello, el estudio de su tecnología emergente es fundamentalmente una rama de las ciencias químicas en continuo desarrollo.

El cuero sigue siendo un material que ocupa un lugar privilegiado en la moda actual tanto en la zapatería, marroquinería, tapicería y vestimenta; por ello, es de importancia actualizar en forma permanente el proceso productivo en pro de buscar nuevas tecnologías para mejorar las características del producto final utilizando insumos amigables con el ambiente.

El presente estudio pretende fijar un nuevo proceso de elaboración de cuero introduciendo en la etapa de curtición extractos tánicos y gálicos de la harina de guarango (*CAESALPINIASPINOSA*), sustituyendo el uso tradicional de cromo como curtiente, resaltando las ventajas tanto tecnológicas como medioambientales que se consigue con la aplicación de la presente propuesta, ya que el creciente reconocimiento de las variadas propiedades de la especie ha propiciado un paulatino pero inminente interés en la especie como una alternativa para los productores agroforestales, tanto por parte del gobierno como de organizaciones privadas, que pretende cuidar el ambiente, evitando la deforestación.

El estudio de la composición de los taninos pirogálicos provenientes del guarango, definirá su capacidad de reaccionar con las proteínas de la piel; proceso indispensable para el curtido de pieles. En ese sentido, los taninos al intercalarse entre las fibras de la proteína del colágeno, podrían establecer uniones carboxílicas de gran resistencia frente al agua y calor, convirtiendo a la piel en cuero tipo gamuza de excelente calidad y proporcionando altos réditos económicos a este tipo de industrias.

## ANTECEDENTES

El potencial del guarango como alternativa productiva se sustenta en la creciente demanda por sus productos a escala mundial. Entre los productos con mercado y demanda actual se destacan sustancias tánicas usadas en la industria de la curtiembre. Dichos compuestos pueden reemplazar el uso de químicos costosos y ambientalmente nocivos.

El extracto tánico proveniente de la vaina del fruto de guarango tiene la propiedad de curtir; es decir, convierte la piel, proteína putrescible y permeable, en cuero imputrescible, cuando es utilizado para la curtición de pieles produce un material bastante resistente, muy blando y poco contaminante, ya que el tanino del guarango puede reemplazar a el cromo que es el utilizado mayoritariamente como curtiente.

El cuero obtenido artesanalmente con la utilización del harina del guarango o tara es de alta calidad, el cual al maximizar el proceso del curtido y con la correcta técnica podría ser utilizado en forma industrial, obteniéndose una materia prima de excelente aptitud para la fabricación de múltiples artículos, que contarían con las características necesarias para ingresar incluso en mercados internacionales de mayor demanda en calidad y volumen.

Frente a este escenario, en el Ecuador se creó una agrupación para la producción, industrialización y comercialización de los productos de este árbol; el Consorcio Nacional de Productores de Guarango (CONAPROG) con su actual gerencia y secretaria conformada por la fundación BIORECOLTE. Su propósito es reunir a los productores que serán, a su vez, únicos dueños de la industria y de la empresa comercializadora. Este esquema de asociación pretende eliminar el sistema imperante en el modelo exportador ecuatoriano: Pagar mínimos precios al productor del campo, acaparar el valor agregado de la industrialización y lucrar sin esfuerzo ni riesgo de la comercialización externa.

## JUSTIFICACIÓN

La aplicación del guarango en la industria del cuero se la ha realizado generalmente de forma artesanal, sin realizar un estudio profundo de las condiciones del proceso o de las variables implicadas; por lo que, el rendimiento y calidad del producto obtenido son insatisfactorias produciendo un alto desperdicio de materia prima, insumos y recursos energéticos, por ende está justificado el diseño de un procedimiento técnico que introduzca a los extractos taninos y gálicos del guarango en el proceso de curtición, en el cual se controle las condiciones de operación y se minimice el efecto de los posibles factores negativos que afecten al proceso orientando hacia una alta productividad, bajos costos de producción, alta rentabilidad, bajo impacto ambiental y aseguramiento de la calidad del artículo final.

La siembra del guarango en las regiones andinas es de suma importancia puesto que, limita la desertificación del suelo, fijando nitrógeno y reteniendo el agua, por lo que es necesario generar un proceso en el cual sea utilizado el producto de este árbol, promoviendo así a su cultivo, creando fuentes económicas a los agricultores que decidan explotar, impulsando la reforestación con especies nativas, promoviendo una cultura de cuidado al medio ambiente con la plantación y explotación del guarango o Tara.

Es necesario generar un proceso de curtición con los extractos tánicos y gálicos del guarango porque al ser de origen orgánico su impacto ambiental está limitado, y en reemplazo de la utilización del cromo como agente curtiente disminuye significativamente la contaminación generada por esta industria, que está catalogada como 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 residuos y vertidos que se generan en el proceso.

## OBJETIVOS

### Objetivo general:

- Diseñar la etapa de curtición de pieles bovinas con la utilización del extracto tánico y gálico proveniente de la *Caesalpinia Spinosa* (guarango).

### Objetivos específicos:

- Determinar las variables implícitas en etapa de curtición de la piel, para maximizar la eficiencia del extracto tánico y gálico del guarango como agente curtiente utilizado en la producción de cuero bovino.
- Asociar la explotación agrícola del guarango con la industrialización de la vaina del fruto de dicha planta para la producción de insumos utilizados en la industria de curtiembre.
- Determinar las resistencias físicas y valoraciones sensoriales del cuero bovino curtido con el extracto tánico y gálico del fruto del guarango para ponderar su calidad y su posicionamiento en mercados tanto nacionales como internacionales.
- Formular la correcta concentración de extracto tánico y gálico del guarango en la etapa de curtición de los cueros bovinos para obtener un producto final de alta calidad y competitivo frente a los cueros convencionales, para el desarrollo tecnológico de la fundación BIORECOLTE.
- Comparar las características físicas del cuero bovino curtido con extracto tánico y gálico con los cueros convencionalmente producidos con cromo.

# CAPITULO I

## 5. MARCO TEÓRICO

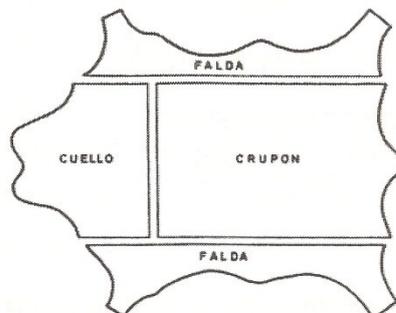
### 5.1 La piel

La piel es órgano que sirve de protección externa al cuerpo de los animales, con varias capas y anexos como glándulas, escamas, pelo y plumas extendido sobre todo el cuerpo del animal (Adzet, J. 2005). La piel es un órgano vital que tiene funciones específicas:

- Órgano de protección.
- Termorregulación es decir cumple con la función de mantener la temperatura corporal
- Capacidad sensorial ya que posee diseminados en toda su superficie una serie de ramificaciones nerviosas con funciones motoras.
- Reserva sanguínea.
- Actúa como depósito de determinadas sustancias químicas, como los lípidos.

#### 5.1.1 Partes de la piel bovina

La piel desollada se llama "piel fresca" o "piel en verde". En una piel se pueden diferenciar tres partes: Cuello, crupón y faldas como se muestra en la gráfica 1.



**Gráfico 1:** Partes de la piel bovina

Describiéndose las siguientes zonas de la piel:

- El crupón es la parte más homogénea, compacta y valiosa. Tiene un peso aproximado del 45% del total de la piel fresca.
- El cuello presenta muchas arrugas y tiene un peso aproximado del 25% del total de la piel fresca.
- Las faldas son las partes más irregulares de la piel y tienen un peso aproximado del 30% del total de la piel fresca.
- La parte superior de la piel se denomina flor y la inferior carne. Cuando una piel se divide en dos capas, la capa inferior se llama serraje y la superior flor.

### **5.1.2 Histología de la piel bovina**

La piel constituye el revestimiento de los animales superiores, la constitución histológica de la piel se determina mediante exámenes microscópicos de cortes transversales(Adzet, J. 2005). En la piel fresca se pueden distinguir tres partes superpuestas que son, ordenadas de interior a exterior:La epidermis (lado del pelo) y la dermis o también considerada como el tejido subcutáneo (lado de la carne).

#### **5.1.2.1 La epidermis.**

Es la parte más externa de la piel y sirve de revestimiento. Está constituida esencialmente de un tejido epitelial, es decir, de células que se tocan unas a otras y que están superpuestas unas encima de las otras. Los folículos pilosos y las glándulas sudoríparas se hunden profundamente en la dermis. Los folículos pilosos tienen a media altura una glándula sebácea y en la base el músculo erector "pili".La epidermis y el pelo se eliminan en las primeras operaciones de Ribera y después del calero ya deben haber

sido eliminados totalmente. Entre la epidermis y la dermis hay una membrana o capa basal (también llamada capa mucosa de Malpighi). Es una capa muy delgada, sin estructura celular. Forma la superficie o grano el cuero cuando se ha eliminado la epidermis y da su aspecto característico a los cueros llamados de "plena flor"(Adzet, J. 2005).

#### **5.1.2.2 La dermis o córium.**

Es la parte primordial para el curtidor, porque es la que se transforma en cuero. Se pueden distinguir tres partes:

- Una capa papilar llamada "flor", con fibras elásticas, vasos sanguíneos, terminaciones nerviosas y fibras de colágeno finas y orientadas preferentemente según un eje perpendicular.
- Una capa reticular llamada "serraje", con células conjuntivas y fibras de colágeno oblicuas y más gruesas que las de la capa anterior.
- Una capa laminar o tejido subcutáneo llamado "carnaza", con fibras de colágeno de la misma medida que las de la capa anterior y paralelas a la superficie de la piel. También contiene células grasas que forman la panícula o inflorescencia adiposa y las fibras elásticas. Esta parte se elimina al descarnar el cuero. Las fibras elásticas, localizadas sobre todo en las capas papilar y laminar, son mucho menos importantes en cantidad y medida que las fibras de colágeno y son responsables de la nerviosidad del cuero.

#### **5.1.3 Tipos de pieles**

Las pieles más utilizadas industrialmente son las bovinas y las ovinas. En menor cuantía se comercializan pieles de cerdo, de equinos, de reptiles y de animales marinos.

### 5.1.3.1 Pieles bovinas

Las pieles bovinas son las que provienen de vacas, toros, becerros, entre otras y son las que más interesan por su volumen de faena, tanto en verde como conservadas, el sacrificio del animal es una operación primaria de desintegración donde la canal representa el principal producto a obtener, pero no es el único, siendo el cuero, las vísceras, la cabeza y patas y la sangre, componentes que representan algo menos del 50 % del peso del animal. Dentro de este denominado "cinco cuartos", el cuero es el que aporta un mayor beneficio adicional al matadero, soliendo representar, en la actualidad, un 3-4 %<sup>1</sup> del valor del beneficio obtenido por animal en matadero.

Aun así, para el ganadero, solamente la pesada en el gancho (que depende mucho de la edad, el sexo, de la raza y del grado de terminación), es de lo que obtiene beneficios. Las características de los cueros (peso, espesor, elasticidad, pliegues.) varían según la raza, sexo, estado nutricional y agentes ambientales. Los cueros son más gruesos, elásticos y turgentes en los animales bien alimentados; y más finos en los estabulados que en los de pastoreo y de montaña. En general, los cueros de los animales de pasto son superiores a los estabulados.

La piel de los animales de razas especializadas es más suave, delgada y flexible que las raza más rústicas; la edad y el sexo de los animales también es vital pues la piel de las hembras es más fina y delgada que la de los machos, y la consistencia y flexibilidad de las pieles de los animales jóvenes es mayor que en adultos. El curtidor, a medida que va recibiendo las pieles en su establecimiento, selecciona las bien conformadas y con espesor lo más uniforme posible en toda su superficie, buscando que las diferencias de grosor en las distintas partes sean mínimas. Las pieles mal conformadas, o mal proporcionadas con diferencias de espesor apreciable, ocasionan problemas en la absorción del curtiente; por este defecto las operaciones de curtido serán arduas y el cuero es de regular calidad. Los cueros tanto de vacas como de vaquillonas, están constituidos por un tejido fibroso y elástico y una vez industrializados, dan un corte y

---

<sup>1</sup> QUÍMICA TÉCNICA DE LA CURTICIÓN, Morera J.

grano finos, de buenas características como para destinarlos a confecciones finas. En cambio, los cueros de novillos, novillitos y torunos jóvenes son de más espesor que el de las hembras y el tejido constitutivo es menos elástico, con un corte y grano menos fino pero también de buena calidad.

Los vacunos jóvenes, en general, siempre dan cueros superiores que los animales más viejos. Los bovinos cuya explotación es a campo, siempre tienen mejores pieles que aquellos criados en establo. En nuestra región, por sus buenas praderas y clima apropiado, los vacunos se crían en libertad, y solamente se mantienen en establos los reproductores, tanto machos como hembras. Sin embargo en los países europeos, la cría es intensiva y los animales pasan varios meses en galpones, alimentados con raciones balanceadas. La alimentación es importante en la calidad del cuero ya que los animales cuyas dietas está destinadas a crear mayor masa muscular y abundante grasa, producen pieles desfavorables y los cueros nunca son los mejores.

- Por la enorme alta cantidad de fibras y alianzas de las fibras, en la piel animal, que son entrelazados tridimensional y sin reglas, son obtenidas, altas propiedades de resistencia, de los materiales. La resistencia a la tracción y al desgarro, al alargamiento y elasticidad y flexión, no es considerablemente cambiada esencialmente, por la influencia de humedad u oscilaciones de temperatura.
- Por la grande superficie interior de la piel, es existente una alta actividad respiratoria del cuero. La porosidad dada provoca una buena permeabilidad al vapor de agua y al aire, una excelente absorción y almacenamiento de agua y aislamiento de calor.
- En las propiedades de uso. tiene el cuero la ventaja de un alto poder de adaptación, a las modificaciones del pie durante el uso diario Por ello, es garantizada la estabilidad de la forma y se obtiene una sensación agradable al llevarse.

En la práctica industrial las pieles se clasifican según su tamaño y naturaleza del animal en temerás, novillos, vacas, bueyes y toros, una vez clasificada la piel se pasa, y el valor obtenido se indica por medio de cortes sobre la cola del animal. Este peso se conoce como peso sangre y es el que sirve como base para la comercialización. Los márgenes de peso que se emplean en el comercio de las pieles se expresan en la tabla 1.

**Tabla 1.** Márgenes de peso utilizados en el comercio de las pieles en bruto.

CONCEPTO	Pequeña	Mediana	Grande
Terneritas	0 - 8 Kg	8 - 12Kg	12 - 20Kg
Novillas y vacas	20 - 32 Kg	32 - 40Kg	Más de 40 Kg
Bueyes y toros	-	-	Más de 45 Kg

**Fuente:**TECNOLOGÍA DE LA CURTICIÓN. Cordero B.

#### **5.1.4 Clasificación de las pieles bovinas**

##### **5.1.4.1 Pieles de ternera**

Se refieren indistintamente a las pieles de animales machos y hembras. En la piel de temerá la capa de la flor tiene, por lo menos, un espesor que es la mitad del grosor de la piel. La capa reticular está en estado de desarrollo y representa la otra mitad. Las pieles de temerá son las que presentan la flor más fina por tener el poro de la piel más reducido. Y por ser animales muy jóvenes su flor tiene pocos defectos. A partir de que los animales comienzan a comer alimentos sólidos la piel adquiere una estructura más basta. Las terneritas generalmente, son animales jóvenes, destinados para carne.

##### **5.1.4.2 Pieles de novillo**

En esta etapa el crecimiento del animal, la profundidad de los folículos pilosos es algo menor, pero son mucho más menos que los correspondientes a los del animal adulto. Al aumentar la edad del animal la capa reticular se va desarrollando gradualmente. Las

pieles de novillo presentan una flor mejor que las de vaca porque, en su mayoría proceden de animales destinados a carne, ya sea machos o hembras. Proporcionan las pieles en sangre más estimadas a causa de la regularidad y de su resistencia mecánica.

#### **5.1.4.3 Pieles de vaca**

Este tipo de piel se refiere a la de las hembras que han tenido algún parto. Se reconocen por tener ubres, además tiene la piel más desteñida, es por esto que producen pieles delgadas, de estructura fibrilar poco cerrada y tacto no óptimo, ya que generalmente el animal es destinado al matadero cuando ya no sirven para la reproducción, puesto que han permanecido en establos la mayor parte de tiempo son animales de edad avanzada y esto se refleja en la calidad de la piel que proporciona.

#### **5.1.4.4 Pieles de buey y toro**

Corresponden a la piel de los machos ya maduros. Debido a su larga vida suelen presentar defectos de la flor. Tales como: cicatrices, granos, barro, etc. Sus características principales son:

- La capa de la flor es más pronunciada.
- Existen pelos jóvenes que sustituyen a los que se caen.
- Los haces de fibras de la capa reticular se han desarrollado al máximo.
- La capa reticular alcanza un espesor aproximado que representan los dos tercios del grueso total.

Dentro de esta categoría podemos diferenciar:

- **Bueyes:** Se caracteriza por ser machos de edad adulta que han sido castrados. En los bueyes la castración tiene una influencia decisiva sobre la estructura de la piel. El buey que ha sido castrado de joven proporciona una piel que se aproxima a la de la vaca, pero es más gruesa y tiene más nervio sobre la parte del cuprón. En el caso de los bueyes castrados ya más viejos el cuello es muy arrugado y se parece al de los toros.
- **Toros:** Machos de edad adulta que no han sido castrados. Los toros dan pieles vacías e irregulares. El cuello, las faldas y la parte de la culata son muy gruesos. El corte vertical de la piel, a todo lo ancho del cuprón, muestra un menor espesor al del espinazo. La piel es esponjosa, el cuello muy arrugado es una evidencia que sirve para reconocer una piel de toro.

#### **5.1.5 Nomenclatura y pesos de las pieles bovinas**

Dentro del proceso completo de la elaboración del cuero la piel pasa por varias etapas, generando subproductos al final de cada una, es por esto que a la piel dependiendo de la etapa de la cual procede se le conoce con un nombre determinado. En el cuadro 1 se indica la nomenclatura de tipo general referida a la piel o cuero en diferente estado, así como una relación de contenido aproximado de agua después de cada etapa indicada.

**CUADRO 1:**Nomenclatura de la piel dependiendo de la epata de la cual procede.

<b>NOMENCLATURA</b>	<b>DEFINICIÓN</b>	<b>PORCENTAJE EN PESO DE AGUA APROXIMADO</b>
Peso verde o sangre	Peso de la piel desollada (fría y desangrada, sin cuernos, pezuñas, orejas, patas, huesos del rabo, mamas y capa de carne). Se suele marcar en la cola del animal mediante cortes de cuchillo.	65%.
Peso salado	Peso después del salado con sal sólida o con salmuera.	30-45%.
Peso salado seco	Peso después del salado previo y secado posterior (más calidad) o viceversa.	15-25%
Peso seco	Peso después de la conservación por secado.	12-20 %
Peso de remojo	Peso después de remojar y reposar.	65-70%.
Peso en tripa	Peso después de los trabajos de Ribera, incluido el descarnado y el dividido (si se hace).	70-85%.
Peso curtido	Peso después de curtir y apilar en caballete al menos 12 horas.	70-85%.
Peso escurrido	Peso después de escurrir.	40- 60%.
Peso estirado	Peso después de repasar o estirar.	60-70%.
Peso rebajado	Peso después de rebajar.	40-60%.
Peso seco del cuero	Peso después del secado.	12-20%.

**Fuente:**<http://cueronet.com/flujoograma/flujomenu.htm>

### **5.1.6 Comercialización de los cueros**

El área de las pieles es muy importante porque muchos cueros se comercializan en base a dicha área. Los cueros son comercializados en base al área de su flor, es decir en pies

cuadrados o en centímetros cuadrados ocupa la flor del cuero totalmente extendida. Otras formas de comercializarlos es en función al peso de la piel o del total comercializado en kg (generalmente la suela) o por unidades totales comercializadas (cuando los cueros tienen la misma superficie).

En el ámbito internacional se va adoptando cada día más el metro cuadrado. Sin embargo, a nivel nacional, se sigue empleando de forma mayoritaria el pie cuadrado, por el hecho que el ganado nacional genera pieles de menor tamaño en comparación a al a de otros países.

### **5.1.7 Calidad de las pieles en verde**

La calidad de la piel depende de múltiples factores, tales como el clima, el alojamiento, la alimentación, la raza, la edad, el sexo, el pelaje, el estado de salud, etc. Además de estos factores existen otros, derivados de las lesiones producidas tanto durante la vida del animal como durante la manipulación post-mortem y también en la conservación de dichas pieles. Dado que la calidad de la piel en bruto limita de forma decisiva el producto final que se puede obtener, este aspecto es muy importante para el curtidor y, cuando compra, no sólo se fija en el tipo de piel, el origen, etc., sino también en los defectos que ésta lleva y donde los lleva.

### **5.1.8 Defectos de las pieles**

#### **5.1.8.1 Defectos propios de la estructura del animal**

Los defectos propios de la estructura del animal más considerados son:

- **Arrugas:** Las arrugas forman parte de las características naturales de las pieles vacunas y ovinas y se pueden ver en la piel acabada. Las arrugas se encuentran en todas las pieles. Ahora bien, el grado de profundidad varía. Pueden estar por todo el cuerpo, pero hay zonas donde es más frecuente, p.ej. el cuello en los bovinos. En los

bovinos, se cree que la incidencia está relacionada con la genética y que afecta sobretodo a los animales de piel delgada (terneros jóvenes). También se cree que las arrugas las provoca un músculo contractor que al moverse provoca la formación de pliegues en la piel que terminan convirtiéndose en arrugas y provocan irregularidades en el grueso de la dermis. Al ser intrínsecas de la piel, son muy difíciles de eliminar. Ahora bien, según el proceso de ribera seguido, se pueden minimizar o acentuar.

- **Fibra vertical:** Este defecto también se llama culata desfibrada o desfibramiento. Consiste en una disposición anormal de los haces fibrosos del córium que están en una dirección casi vertical, perpendicular a la superficie del cuero. Como consecuencia las fibras no se entrelazan. Normalmente esto pasa en el 50% del córium y la otra mitad es normal. Los cueros curtidos con este defecto tienen resistencias pobres y estructuras vacías y abiertas y vasos sanguíneos prominentes que aparecen por el lado carne.

#### **5.1.8.2 Defectos provocados por parásitos**

Los defectos provocados por parásitos son:

- **Barros o tábanos:** Se da más en climas templados que en climas subtropicales y tropicales. Los tábanos son producidos por la mosca *Hypoderma*. Esta mosca tiene un órgano en el abdomen con el cual, en verano, pone los huevos sobre el pelo del animal, principalmente en las patas (talón) o en el lomo. De los huevos salen larvas en aproximadamente 4-7 días. Estas larvas tienen el cuerpo cubierto casi totalmente por espinas que impiden que les ayude a fijarse a la piel y poseen ganchos bucales muy desarrollados con los que atraviesan rápidamente la piel del animal y empiezan a migrar por su cuerpo, lastimando la piel muchas veces desde la flor hasta la carne, si el animal se ha curado de esta afectación antes de ser faenado quedara una cicatriz que atraviesa el ancho de la piel, bajando considerablemente su calidad.

- **Piojos:** Son insectos sin alas. Los piojos "pequeños" o trituradores viven de producciones epidérmicas y los "grandes" son picadores y se alimentan de sangre. Son parásitos permanentes. Su multiplicación es rápida en los bovinos estabulados durante el invierno y comporta la presencia de agrupaciones de picaduras. El defecto se amplifica por la infección microbiana que se produce en las zonas inflamadas que se rasca el animal provocando la caída del piojo.
- **Ácaros:** Los ácaros se distinguen de los insectos porque tienen cuatro pares de patas en vez de tres. Su cuerpo se divide en: cabeza, tórax y abdomen (sin apéndice).
- **Garrapatas:** Cuando las garrapatas se instalan sobre el cuerpo del animal prefieren los sitios más protegidos, como puede ser la piel suave entre las patas delanteras, las faldas, etc. Cuando hay muchas garrapatas se instalan por todo el cuerpo.
- **Viruela:** La viruela es una enfermedad vírica existente en África del Norte y muy extendida en la India. La infección empieza con unas manchas rojas y termina provocando granos y cicatrices. Además, al escocer, los animales se rascan y se puede producir una infección secundaria.
- **Verrugas:** Son la manifestación de una enfermedad provocada por un virus y llamada papillomatosis. Es la proliferación anormal de la capa córnea al nivel de las papilas de la piel, proliferación que provoca las verrugas. La papillomatosis empieza generalmente en otoño o a principios de invierno y se desarrolla al máximo durante el invierno. La forma, tamaño y cantidad presentes en el animal pueden variar mucho y algunas son duras y otras blandas. Dañan la flor e incluso las cuchillas de las máquinas en las operaciones mecánicas.

### 5.1.8.3 Defectos por accidentes en el animal vivo

Debido a diversas causas, durante la vida del animal, se pueden producir una serie de hechos que traen como consecuencia la aparición de rayadas, cicatrices o agujeros en la piel del animal y que, lógicamente, devalúen su calidad. Algunas de estas causas se

detallan a continuación. Según el tiempo transcurrido entre el daño y el sacrificio del animal sobre la piel se ve una rayada o una cicatriz. El lugar donde hay la rayada o la cicatriz se teñirá más intensamente que el resto del cuero. A parte de esto, en el lugar del defecto el cuero pierde resistencia.

- **Vallas metálicas (con púas):**Cuando los bovinos se escapan de los prados provocando agujeros en las vallas en mal estado, o cuando comen la hierba del campo vecino, si la valla es de alambre con púas, estas púas rascan la piel.
- **Marcas de fuego o de hierro:**Para identificar sus animales, el propietario los marca. Las marcas de fuego o hierro es el método más empleado desde hace mucho tiempo en ganadería. Consiste en imprimir en la piel del animal una quemadura en forma de dibujo, letras o números, aplicando un hierro calentado al rojo.Estas quemaduras afectan todo el grueso de la piel y dejan, con el tiempo, una cicatriz. Al hacerse normalmente en la parte del cuprón, la piel se devalúa enormemente.Para evitar el daño se debe marcar el animal de otra manera (anillos en la oreja, pintura, etc.).
- **Pincho y horca sobre bovino:**Si se utiliza un pincho metálico o una horca para conducir un animal de la granja al matadero, la punta de acero de estos instrumentos pincha la piel, penetrando en la flor en dirección oblicua, produciendo agujeros y rasgaduras. Las heridas producidas poco antes del sacrificio no han cicatrizado en el momento del desuello y el daño es importante.
- **Cesárea:**En caso de un parto difícil, el veterinario puede operar para sacar el ternero de la madre. Esta operación se llama cesárea. El corte y los puntos del cosido se ven claramente.

## **5.2 Química de la piel bovina**

### **5.2.1 Composición**

Dentro de la composición química de la piel aproximadamente el 95% de la proteína de la piel es colágeno<sup>2</sup>. Otras proteínas presentes son la elastina, la queratina, las albúminas y las globulinas. La composición aproximada de una piel vacuna recién desollada se describe en la tabla 2.

**Tabla 2:** Composición química aproximada de la piel bovina recién desollada.

<b>Componente</b>	<b>Proporción</b>
Agua	64%
Proteínas	33%
Grasas	2%
Sustancias minerales	0.5%
Otros	0.5%

**Fuente:** QUÍMICA TÉCNICA DE CURTICIÓN, Morena, J.

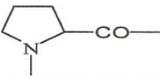
### 5.2.2 Aminoácidos y proteínas de la piel

El colágeno es una proteína formada por la combinación de  $\alpha$ -aminoácidos unidos entre sí por uniones amílicas llamadas enlaces peptídicos. Según sea el grupo funcional (expresado como R) se definirá el tipo de aminoácido que corresponda. El colágeno está formado por unos 20 aminoácidos<sup>5</sup>, dependiendo del tipo del animal y de su juventud, con cadenas laterales no polares, polares, ácidas y básicas, como se detalla.

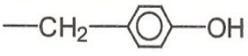
- No polares:

<b>GRUPO FUNCIONAL</b>	<b>AMINOÁCIDOS</b>
-H	Glicina

<sup>2</sup> QUÍMICA TÉCNICA DE CURTICIÓN, Morena, J.

-CH <sub>3</sub>	Alanina
-CH(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Valina
-CH <sub>2</sub> CH(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Leucina
-CH(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Isoleucina
	Prolina
-CH <sub>2</sub> - 	Fenilalanina
-(CH <sub>2</sub> )SCH <sub>3</sub>	Metionina

- Polares:

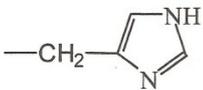
GRUPO FUNCIONAL	AMINOÁCIDOS
-C <sub>2</sub> OH	Serina
CH(OH)CH <sub>3</sub>	Treonina
-CH <sub>2</sub> - 	Tirosina

- Con grupos ácidos:

GRUPO FUNCIONAL	AMINOÁCIDOS
-CH <sub>2</sub> COOH	Ácido Aspártico
-(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> COOH	Acido Glutámico

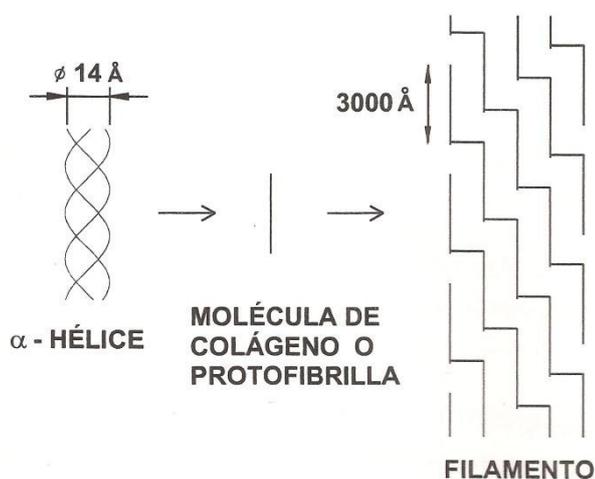
- Con grupos básicos:

GRUPO FUNCIONAL	AMINOÁCIDOS
-----------------	-------------

$-(\text{CH}_2)_4\text{NH}_2$	Lisina
$-(\text{CH}_2)_3-\text{NH}-\text{C}(\text{NH}_2)=\text{NH}$	Arginina
	Histidina
$-(\text{CH}_2)_2\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{NH}_2$	Hidroxilisina

Fuente: PROCESOS DE CURTIDO. Soler, J.

El elevado contenido de Hidroxiprolina diferencia el colágeno de las otras proteínas presentes en la piel. Dentro del esqueleto peptídico hay interacciones que obligan a la proteína a plegarse de determinada manera. En el caso del colágeno se adquiere el plegamiento llamado de  $\alpha$ -hélice debido a que se establecen interacciones de puente de hidrógeno entre los O de los grupos  $\text{C}=\text{O}$  y los H de un grupo  $-\text{NH}-$  separados por tres unidades estructurales. Los grupos R se dirigen hacia fuera y la hélice gira a la derecha como se ilustra en la figura 2.



**FIGURA 2.** Distribución espacial de la molécula de colágeno.

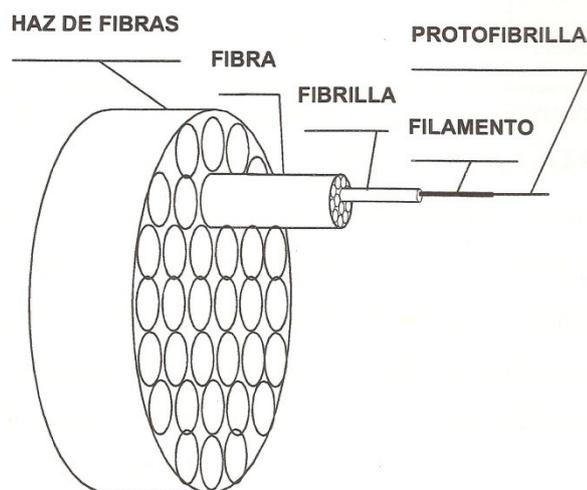
Fuente: PROCESOS DE CURTIDO. Soler, J.

Cuando se enrollan entre sí tres cadenas de una longitud aproximada de 1000 aminoácidos (cadena poli peptídicas), se forma una molécula de colágeno o protofibrillas, de una longitud aproximada de 3000 angstrom y un diámetro aproximado

de 14 angstrom<sup>3</sup>. Este enrollamiento es estable ya que se forman uniones químicas de tipo éster y enlaces de puente de hidrógeno entre cadenas vecinas. Formados con la siguiente configuración:

- La unión de protofibrillas forma un filamento.
- La unión de varios filamentos forma una fibrilla.
- La unión de varias fibrillas forma una fibra.
- La unión de varias fibras forma un haz de fibras.

La distribución de los componentes explicados se detalla en el grafico 3:



**FIGURA 3.**Distribución de los componentes de la piel.

**Fuente:** PROCESOS DE CURTIDO. Soler, J.

### 5.3 Proceso de curtición

---

<sup>3</sup>PROCESOS DE CURTIDO. Soler J.

La transformación de la piel de un animal en el cuero que conoce el consumidor en forma de zapatos, monederos, cinturones, chaquetas y muchos otros anejos implica la realización de una serie de procesos (físicos, químicos y mecánicos) cada uno de los cuales tienen una finalidad propia englobada dentro de un objetivo final: el producto que llegará a los compradores, que son los almacenistas o los fabricantes (fabricantes de zapatos, marroquinería, vestimenta, etc.). Aquí se intentará dar una idea sobre estas operaciones necesarias para la transformación de la piel en bruto, formada especialmente por proteínas, y que en este estado se transformará rápidamente, en un producto estable, bastante resistente a ataques externos y que, debidamente trabajado, da lugar a unos productos manufacturados apreciados, en general, como símbolo de calidad.

Las primeras operaciones se conocen entre los expertos como "operaciones de húmedo o ribera" debido a la permanente y necesaria presencia de agua en todos ellos, tanto en los baños que se utilizan para efectuar las reacciones químicas como dentro de la piel, en todo momento. Estas son el remojo, el pelambre, el calero, el descarnado, el dividido, el desencalado, el rendido, el desengrase, el piquelado, principalmente, y también en húmedo se llevan a cabo la curtición, el escurrido, el rebajado, el neutralizado, la recurtición, la tintura, el engrase y el estirado.

Las pieles de ovino en las cuales se quiere conservar la lana y la peletería (visones, astracanes, etc.) requieren unos procesos específicos, que no se tratarán en esta introducción. Según el tipo de piel (bovino, ovino, porcino, etc.) y el artículo final deseado, la piel se somete o no a las operaciones de ribera. De este modo, si el producto deseado es una alfombra con pelo no se realizan ni el pelambre ni el calero, ya que éstas lo eliminarían. También se varía en cada caso la intensidad con la que se aplica el proceso. Por ejemplo, una piel de vaca se desengrasa mucho menos que la de oveja ya que de por sí, ésta última tiene mucha grasa natural. De las operaciones mencionadas, algunas tienen un efecto sobre la piel puramente mecánico (descarnado, dividido, rebajado, etc.) y otras en las cuales es físico y químico (el resto).

### 5.3.1 Materia prima para la curtición

La piel que llega a las manos del curtidor está formada por tres capas bien diferenciadas: la epidermis, la dermis y el tejido subcutáneo. La parte que interesa al curtidor es la dermis y, en el curso de los procesos húmedos, se eliminan las otras dos partes. La dermis está constituida fundamentalmente por fibras de una proteína llamada colágeno, pero también contiene fibras elásticas, reticulina, vasos sanguíneos, nervios, células grasas y tejido muscular. La composición porcentual de estos componentes varía estratigráficamente de la capa superior llamada "flor" hasta la inferior llamada "carne". La estructura del colágeno varía también entre diferentes especies (una piel de oveja es muy diferente de una piel de vaca) y dentro de una misma especie, con la edad, procedencia, etc., del animal. De hecho, los curtidores dicen que "no hay dos pieles que sean exactamente iguales". Actualmente se conocen 19 tipos diferentes de colágeno en los vertebrados, de la mayoría de los cuales se conoce la composición y la secuencia de los aminoácidos que los constituyen.

Normalmente, aparecen diversos tipos de colágeno en la piel de los animales, pero el llamado Tipo I es el mayoritario. La molécula de colágeno, llamada también protofibrilla está formada por tres cadenas polipeptídicas dispuestas en forma de a-hélice y contiene unos 1000 aminoácidos por cadena. La unión de unas 7000-8000 protofibrillas<sup>3</sup> forma una fibrilla. Se llama fibra a la unión de fibrillas y un haz de fibras, que tiene un diámetro aproximado de 5 micras, se forma por medio de la unión de las fibras. Las coordinaciones o enlaces de los productos curtientes con el colágeno tienen lugar en la superficie de las moléculas de colágeno que forman las fibrillas, entre el curtiente y las cadenas laterales de los aminoácidos del colágeno. Se considera que los principales grupos químicos que intervienen en la curtición son los siguientes:

- Hidroxílicos, contenidos en la Serina, Treosina, Tirosina e Hidroxiprolina.
- Ácidos, contenidos en los ácidos Aspártico y Glutámico.
- Amida, contenidos en la Asparagina y Glutamina.
- Amina, contenido en la Lisina, Arginina, Histidina e Hidroxilisina.

Al haber un ligero exceso de grupos químicos básicos respecto a los ácidos, la piel al ser extraída del animal tiene un valor del pH entre 7 y 8<sup>4</sup>. Se puede definir la curtición como el tratamiento de la piel que comporta su estabilización.

### **5.3.2 La conservación de la piel en bruto**

Una vez se ha sacrificado el animal en el matadero, se separa la piel del resto de su cuerpo y, hasta que esta piel llega a manos del curtidor se le aplican una serie de tratamientos que permiten su conservación temporal. Estos tratamientos dependen del país de origen, de las condiciones climatológicas, del tipo de animal, etc. Los dos tratamientos más habituales son el secado y el salado. Tanto el uno como el otro buscan la no proliferación de bacterias en un campo abonado como es la piel, en la cual se encuentran, además de las proteínas, las grasas, la sangre y la cascarria. Tal y como indican los nombres de los tratamientos, se trata o bien de secar la piel o bien de conservarla por medio de sal común. Ambos procedimientos persiguen la deshidratación de la piel y se ayudan de bactericidas.

### **5.3.3 Etapas previas a la curtición.**

Para realizar la curtición estrictamente dicha es necesario preparar la piel del animal para que logre reaccionar de manera óptima con el agente curtiente y transformarse en cuero. Dentro de las operaciones previas que debe realizarse sobre la piel se encuentran las siguientes.

#### **5.3.3.1 Remojo**

El remojo es uno de los denominados trabajos de ribera, los trabajos de ribera se caracterizan por emplearse en ellos grandes cantidades de agua, de lo cual deriva su

---

<sup>4</sup>TEXTO BÁSICO DE CURTICIÓN DE PIELES. HidalgoL. .

nombre. Los objetivos del remojo son fundamentalmente dos: rehidratar la piel y eliminar las suciedades, grasas, etc. que acompañan a la piel y deben eliminarse lo antes posible. Estos objetivos se consiguen mediante empleo de agua como producto principal, de tensoactivos, bactericidas, y opcionalmente de enzimas, y alguna pequeña cantidad de álcali. Y de efectos mecánicos. El remojo tiene como finalidad devolver a la piel su estado de hinchamiento natural y eliminar la suciedad (barro, sangre, estiércol, microorganismos) así como sustancias proteicas solubles y agentes de conservación.

El remojo de las pieles en bruto (frescas o recién desolladas, saladas y secas) dependen del tipo de conservación y el tiempo en que haya sido sometida después del sacrificio y antes de llegar a la curtiembre para su transformación en cuero. En el caso de una piel fresca que procede directamente del matadero, sin tratamiento previo de conservación, no hay mayores dificultades, pues un remojo simple (de limpieza) y remojo alcalino controlado hace posible pasar a las siguientes etapas de fabricación.

### **5.3.3.2 Pelambre**

Los cueros ingresan al bombo en pelo para proceder a su depilación. Esta depilación es tratada con cal y sulfuro. Luego de la operación de remojo, las pieles suficientemente hidratadas, limpias, con algunas proteínas eliminadas de su estructura, pasan a las operaciones de pelado, donde fundamentalmente se pretende, por un lado eliminar del corium, la epidermis junto con el pelo o la lana, y por otro aflojar las fibras del colágeno con el fin de prepararlas apropiadamente para los procesos de curtido. En general, la concentración de los productos químicos involucrados así como el tiempo y tipo de proceso serán determinantes del tipo de curtido, y particularmente de la blandura y resistencia físico-mecánica de los artículos finales, entre los objetivos del pelambre podemos destacar los siguientes parámetros:

- Quitar o eliminar de las pieles remojadas la lana o el pelo, y la epidermis, además de favorecer un hinchamiento de la piel que promueva un aflojamiento de la estructura reticular

- Promover la acción química hidrolizante del colágeno que aumenta los puntos de reactividad en la piel, al mismo tiempo que la estructura sufre desmoronamiento en sus enlaces químicos.
- Conversión en jabones y alcoholes (por saponificación de las grasas de la piel) más fácilmente solubles en agua y por ello más eliminables.
- Aumentar el espesor de la piel para poder ser descarnada y si es necesario para la definición del artículo final, también poder ser dividida.
- Extracción y eliminación de las pieles de un grupo de proteínas y otros productos interfibrilares solubles en medio alcalino, o degradables por el efecto de la alcalinidad.

### **5.3.3.3 Calero**

El calero consiste en poner en contacto los productos alcalinos  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  (el de mayor concentración),  $\text{Na}_2\text{S}$ ,  $\text{NaHS}$ , aminas, y todos los otros productos involucrados, sales, tensoactivos, peróxidos, etc., disueltos en agua con la piel en aparatos agitadores (fulones, bombos, batanes, molinetes, mezcladores, etc.) Durante un tiempo más o menos largo, hasta conseguir la acción de los productos del calero en toda la sección de la piel, y el grado de ataque (físico-químico) deseado. Los efectos del calero son:

- Provocar un hinchamiento de las fibras y fibrillas del colágeno y el ataque químico por hidrólisis de la proteína-piel aumentando los puntos de reactividad, y si el efecto drástico llega a la disolución de las fibras las convierte en una semi-pasta pre-gelatina.
- Ataque químico a las grasas, productos sementantes, raíces del pelo, etc., facilitando mediante su disolución en agua su eliminación.

#### **5.3.3.4 Descarnado**

El descarnado se efectúa por efecto mecánico, la finalidad que se persigue es desprender de la piel todos los sebos y grasas (carnaza). El descarnado es necesario pues en la endodermis (parte de la piel en contacto con el animal) quedan, luego del cuereado, restos de carne y grasa que deben eliminarse para evitar (entre otras consecuencias) el desarrollo de bacterias sobre la piel. La piel apelambrada se descarna a mano con la cuchilla de descarnar o bien a máquina. Con ello se elimina el tejido subcutáneo (carne). El principal objetivo de esta operación es la limpieza de la piel eliminando el tejido subcutáneo y adiposo. Dichos tejidos deben quitarse en las primeras etapas de la fabricación con el fin de facilitar la penetración de los productos químicos aplicados en fases posteriores y tener un espesor la más regular posible para la adecuada realización de las operaciones posteriores.

El proceso de descarnado consiste en pasar la piel por medio de un cilindro neumático de garra y otro de cuchillas helicoidales muy filosas. La piel circula en sentido contrario a este último cilindro, el cual está ajustado de tal forma que presiona a la piel, lo suficiente, como asegurar el corte o eliminar definitivamente, sólo del tejido subcutáneo (grasa y/o carne) adherido a ella. Esta operación, en según qué casos, no se realiza en este punto sino después del remojo. Consiste en limpiar el lado carne de la piel de restos de carne y grasa que puedan haber quedado en ella. Esto se hace con la ayuda de una máquina que lleva un cilindro con cuchillas incorporadas en forma de V. Luego, si es necesario, se pasa al dividido.

#### **5.3.3.5 Dividido**

Se efectúa por efecto mecánico; es donde se produce la separación de la piel propiamente dicha y el serraje. La finalidad que se persigue es darle a la piel el grueso solicitado. Esta operación es una operación absolutamente mecánica. Se puede dividir después del pelambre (división en tripa), o después de curtir (en cromo o en azul). El estado de la piel para ser dividida es tradicionalmente en estado de tripa descarnada,

pero también empleando máquinas más modernas después de curtir al cromo y aunque menos frecuentemente en pieles piqueladas (alfombras por ejemplo), pieles en bruto y pieles secas. El cuero curtido se divide en dos capas napa y descarne. El descarne es la parte inferior del cuero y se puede dividir una o más veces. En el dividido en tripa se obtiene un lado de flor más delgado que la piel de que procede y será más fácil realizar las operaciones químicas que siguen al mejorar la penetración de los productos. Hay un menor riesgo de formación de  $H_2S$  en el piquelado si queda sulfuro ocluido. Se logra una mejor calidad del cuero terminado y mayor superficie al existir una menor tendencia al encogimiento en la curtición, para poder dividir los cueros perfectamente es muy importante tener la colaboración de los productores de las máquinas para dividir, del productor de las cuchillas y de las personas que se ocupan de la división. La acción de la máquina de dividir se basa en seccionar la piel, apoyada entre dos cilindros, mediante una cuchilla en forma de cinta sinfín, que se mueve en un plano paralelo al lado de la flor y al lado de la carne.

#### **5.3.3.6 Desencalado**

El desencalado consiste en eliminar la cal de la piel, a base de cloruro y sulfato amónico, sirve para eliminación de la cal (unida químicamente, absorbida en los capilares, almacenada mecánicamente) contenida en el baño de pelambre y para el deshinchamiento de las pieles, La cal que se ha agregado al proceso durante la operación de pelambre, se encuentra en la piel combinada con la misma piel disuelta en los líquidos que ocupan los espacios interfibrilares y depositada en forma de lodos sobre las fibras, o como jabones cálcicos formados por la saponificación de las grasas en la operación de pelambre. Parte de la cal es eliminada por el lavado con agua y luego por medio de ácidos débiles, o por medio de sales amoniacaes (sulfato de amonio o cloruro de amonio) o de sales ácidas (bisulfito de sodio). Los agentes químicos de desencalado dan sales ácidas solubles de fácil eliminación con agua y no deben producir efectos de hinchamiento sobre el colágeno. El objeto del desencalado es:

- Eliminar la cal adherida o absorbida por la piel en su parte exterior.
- Eliminar la cal de los espacios interfibrilares.

- Eliminar la cal que se hubiera combinada con el colágeno.
- Deshinchar la piel dándole morbidez.
- Ajustar el pH de la piel para el proceso de purga.

### **5.3.3.7 Rendido**

El rendido consiste en tratamiento de enzimas pancreáticas para ablandar la piel. El rendido tiene como objetivo el aflojamiento de la estructura del colágeno mediante la adición de enzimas proteolíticas. Este efecto se puede explicar químicamente por el hecho de que las enzimas utilizadas peptidizan ligeramente las fibras de colágeno. Este efecto se ha de controlar ya que un exceso de rendido comporta una piel demasiado vacía. En el rendido también se eliminan los restos de epidermis y pelo que puedan quedar en la piel, así como una parte de la grasa natural del animal. El rendido se realiza en molineta o bombo y en el mismo baño de desencalado o en baño nuevo. La temperatura y el pH de trabajo han de favorecer la buena acción de los rindentes. La temperatura adecuada acostumbra a estar alrededor de los 35°C y se trabaja a pH básico (8-9) en la mayoría de los casos. Las variables tiempo, efecto mecánico, cantidad y concentración del rindente, temperatura y pH permiten controlar el grado de intensidad de un rindente. Cuanto más blando sea el producto final deseado, más intenso tendrá que ser el rendido. Si el desengrase no se lleva a cabo en el baño del rendido, éste se tira y se lavan las pieles con agua fría para así interrumpir la acción de las enzimas.

### **5.3.3.8 Piquel**

El piquel tiene la función de acidificar la piel, a base de ácidos sulfúrico y fómico. El piquel se puede considerar como un complemento del desencalado e interrupción definitiva del efecto enzimático del rendido; además se prepara la piel para la posterior operación de curtición mineral. Si se curte al vegetal, normalmente la operación de piquel no se hace tan necesaria. En las operaciones de desencalado y rendido no se elimina toda la cal que la piel absorbe en el pelambre y calero. Al pH final del desencalado 8,3 se ha eliminado la cal no combinada que se encuentra en los líquidos

interfibrilares de la piel, pero no todo el álcali que está combinado con el colágeno. En el proceso de piquel se trata la piel desescalada y rendida con productos ácidos que incorporan a la piel una importante cantidad de ácido y al mismo tiempo al bajar el pH hasta un valor de 3-3,5 se logra eliminar totalmente el álcali de la piel, incluso el combinado. la operación de piquel es muy importante en lo que respecta a la operación posterior de curtición, ya que si la piel no estuviera piquelada, el pH sería elevado y las sales del agente curtiente mineral adquirirían una elevada basicidad, reaccionando rápidamente con las fibras de colágeno, lo que produciría una sobrecurtición en las capas más exteriores, que dificultaría la difusión del curtiente en las capas internas, produciendo una contracción de la capa de flor y una precipitación sobre la flor del agente mineral hidrolizado. En el piquelado también se produce también el ataque químico de las membranas de las células grasas, especialmente en piel muy grasienta, tipo lanar. Una forma de bajar el pH para la posterior curtición es añadir ácido, pero con el ácido la piel se hidroliza y se hincha, para evitar este hinchamiento se añaden antes sales neutras.

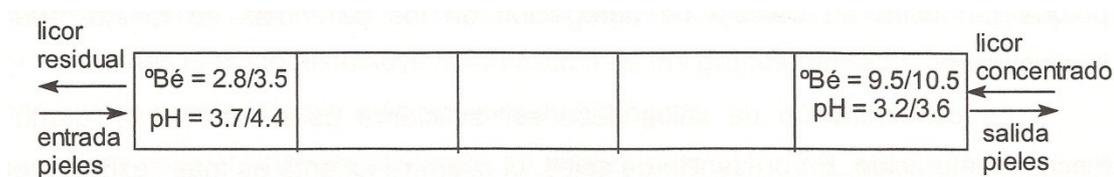
#### **5.4 Curtición con extractos vegetales**

Aunque poco usado, en algunas fábricas aún se sigue curtiendo sólo con tinas. Otros sistemas más extendidos son la curtición mixta tina-bombo y la curtición sólo en bombo, tanto en baño como en seco.

##### **5.4.1 Tipos de curtición vegetal**

###### **5.4.1.1 Curtición en tinas**

Una posible distribución consiste en un tren de tinas interconectado y en las cuales va aumentando progresivamente la concentración en taninos seguida de tinas con recirculación de líquidos y tinas calientes. La serie en que se deben disponer las tinas se describe en la figura 4.



**FIGURA 4:** Diagrama de curtiembre vegetal en tinas

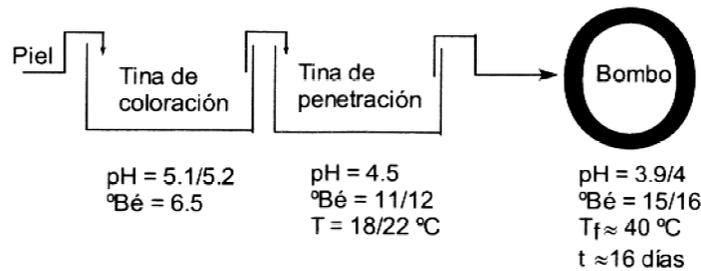
Se llama curtiembre a contracorriente. Por tanto, las pieles entran en licores curtiembres débiles y van pasando por licores cada vez más concentrados, reduciéndose así el peligro de curtiembre muerta. Si las pieles están descalcadas a pH igual a 8.5, se puede formar ácido acético y fórmico en las tinas de baja concentración. Esto se puede evitar descalcando hasta  $\text{pH} = 4.5-5$  en todo el grosor<sup>5</sup>, con lo cual hay muy poco hinchamiento y buena penetración. Otro sistema es realizar una precurtiembre con auxiliares sintéticos en bombo. Se puede mecanizar el trabajo de traslado de una tina a otra colgando las pieles en marcos que se mueven mediante un puente. 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. Estas tinas suelen poderse calentar para mantener durante todo el año las mismas condiciones de curtiembre (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  $\text{pH} = 3.2-3.6$ ). 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. 3.1-3.5)<sup>3</sup>. 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.

<sup>5</sup>PROCESOS DE CURTIDO, Soler J.

#### 5.4.1.2 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 sintéticos auxiliares antes de empezar a curtir, como se muestra en la figura 5.



**FIGURA 5:** Diagrama de curtición vegetal mixta tina-bombo

#### 5.4.1.3 Curtición en bombo

Son las curticiones más rápidas, debido a la fuerte acción mecánica del bombo. Pueden realizarse con baño o en seco.

#### 5.4.1.4 Curtición en bombo 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 bien 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<sup>3</sup>. También se puede acidificar al final hasta pH = 3.9-4 con ácido fórmico para aumentar la fijación de taninos.

#### 5.4.1.5 Curtición en bombo 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, 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.

## 5.4.2 Química de la curtición con extractos vegetales

### 5.4.2.1 Composición de los extractos vegetales

Los extractos vegetales son productos naturales. Sus soluciones contienen:

- **Taninos:** Son los que curten la piel. Son compuestos de carácter fenólico. Según su procedencia varía su composición y estructura.
- **No taninos:** No curten, pero intervienen en la curtición. Están constituidos por hidratos de carbono, ácidos orgánicos, fenoles de menor magnitud molecular que los taninos, sales, proteínas, compuestos de lignina y otros productos diversos. Al fermentar los hidratos de carbono se transforman en ácidos, y al provocar el aumento de la relación [ácido]/[sal] influyen en la curtición.
- **Insolubles:** Son sustancias insolubles en agua que proceden de la materia vegetal extraída o que se ha transformado durante la extracción del vegetal o durante la fabricación del cuero.

### 5.4.2.2 Tipos de extractos tánicos

Químicamente los taninos son mezclas de gran complejidad formadas por polifenoles de alto peso molecular (aproximadamente entre 500 y 3000)<sup>6</sup>. También es importante que tengan un número suficiente de grupos -OH para poder establecer suficientes puentes de hidrógeno con el colágeno. Se clasifican según su estructura química y comportamiento en dos grupos:

- **Pirogálicos e hidrolizables:** que son los que por hidrólisis en medio ácido y por ebullición forman productos solubles en agua.
- **Catequínicos o condensados:** que en las mismas condiciones forman precipitados.

#### 5.4.2.2.1 Taninos hidrolizables o pirogálicos

Los taninos hidrolizables son moléculas de esteres grandes (poliésteres). Están formadas por un núcleo central de moléculas de azúcar tales como la glucosa, unida por sus grupos hidroxilo a los grupos carbonilo de los ácidos fenol-carboxílicos tal como el ácido gálico y sus derivados. El número de uniones éster en una molécula de tanino depende del número de moléculas de azúcar presentes en el núcleo central de la molécula de tanino, como se describe en el cuadro 3.

**Tabla 3:**Numero de uniones de Ester en la molécula de tanino.

NUMERO DE MOLÉCULAS DE AZÚCAR(n)	NUMERO DE UNIONES DE ÉSTER (3n+2)
1	5
2	8

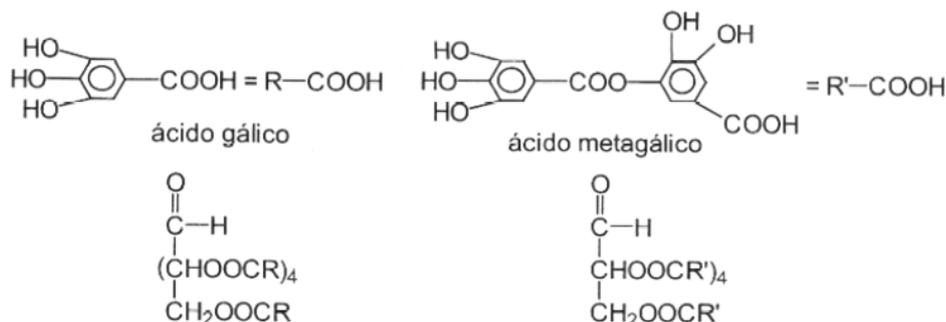
<sup>6</sup>TECNOLOGÍA DE LA CURTICIÓN. Cordero B.

3	11
4	14

Fuente:ANÁLISIS Y ENSAYOS EN LA INDUSTRIA DEL CUERO. Font J.

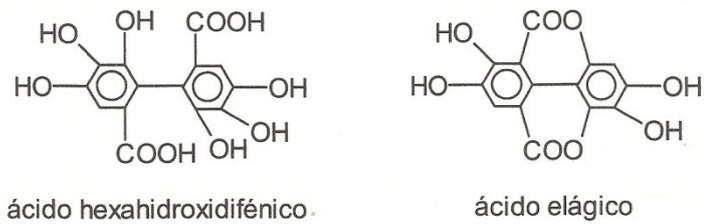
Las uniones éster se hidrolizan fácilmente por la acción de los ácidos y las enzimas, liberando moléculas de azúcar y moléculas de ácidos fenol-carboxílicos. Se subdividen los taninos hidrolizables según la naturaleza química de los ácidos fenol-carboxílicos liberados.

- **Taninos gálicos:**Una molécula típica consiste en una molécula de glucosa esterificada con cinco moléculas de ácido gálico (Peso Molecular = 940) o ácido metagálico (Peso Molecular = 1600).



**FIGURA 6:**Taninos gálicos de extractos de zumaque, guarango y agallas.

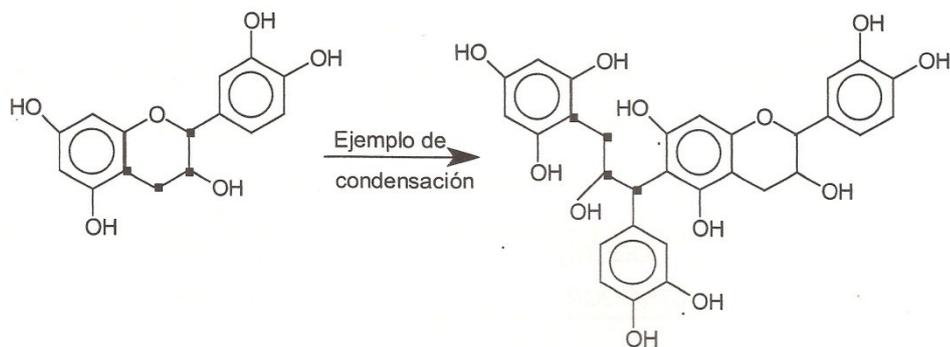
- **Taninos elágicos:** La hidrólisis de un éster de tanino elágico libera el ácido hexahidroxidifénico, el cual adquiere su forma de lactona, es insoluble en agua y se llama ácido elágico. Este grupo de taninos contienen el ácido elágico asociado a la glucosa, así como ácido gálico y sus derivados como el ácido chebulínico.



**FIGURA 7.** Taninoselágicos de extractos de castaño, valonea y mirabolano.

#### 5.4.2.2 Taninos condensados o catequínicos

Esta clase de taninos parten de la catequina y por condensación de la misma se forman los taninos, como se muestra en la figura 7



**FIGURA 8:** Condensación de la catequina para formar los taninos catequínicos.

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 2 hasta 12 monómeros polimerizados<sup>7</sup>. Mientras más monómeros tenga, más astringente será el tanino. Ejemplos de estos taninos son los extractos de mimosa, quebracho y gambier.

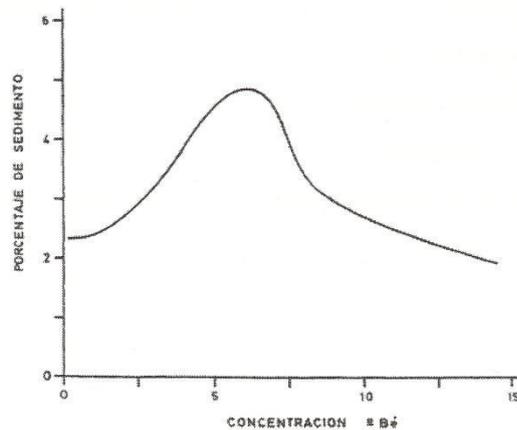
#### 5.4.3 Estudio químico-físico de los taninos

<sup>7</sup> QUÍMICA TÉCNICA DE LA CURTICIÓN. Morera J.

Las condiciones a las cuales se realice la etapa de curtición con extractos vegetales afectan a la penetración y fijación de los taninos en la piel. La influencia de los distintos factores considerados en la curtición se expresan a continuación.

#### 5.4.3.1 Efecto de la concentración

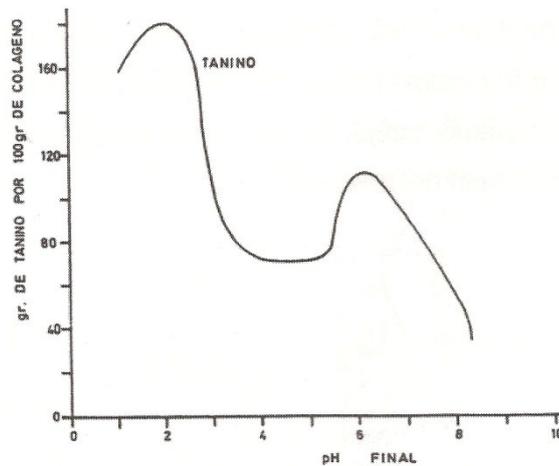
Para un extracto tánico determinado existe una concentración crítica para la cual la precipitación de insolubles es máxima. Por encima y debajo de dicha concentración el precipitado se re disuelve, como se indica en el grafico 1.



**GRAFICO 1:**Concentración crítica del extracto.

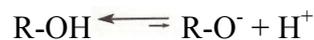
#### 5.4.3.2 Efecto del pH

Según el tipo de disolución tánica habrá más o menos penetración y fijación del agente curtiente con la piel, como se indica en el gráfico 2:



**GRAFICO 2:** Curva de penetración y fijación del tanino con respecto al pH

En la zona comprendida entre pH igual a 0 y pH igual a 2, la curva disminuye porque en medio muy ácido el extracto está menos disociado y precipita:

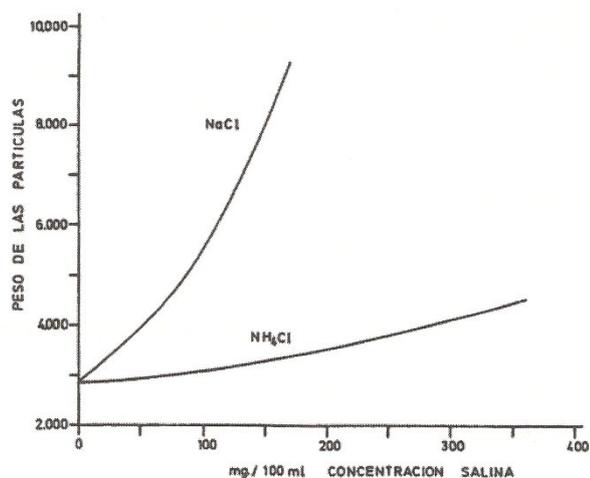


Esto pasa porque al acidificar aumenta el tamaño de la micela, mientras que al basificar disminuye el tamaño de la micela, porque además aumenta la solubilidad de la misma.

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.

#### 5.4.3.3 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, dicho efecto se ve expuesto en la figura 3.



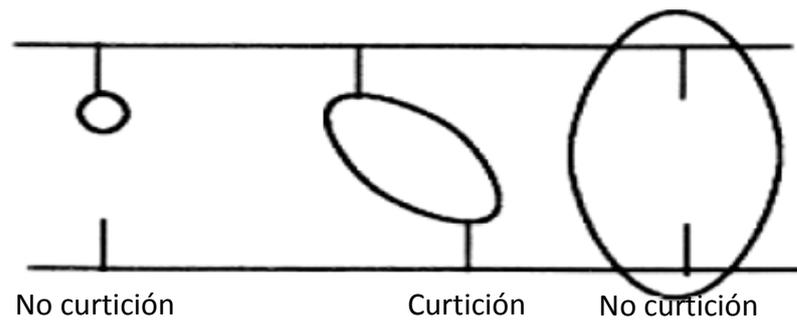
**GRAFICO 3:** Variación del peso de las partículas del extracto vegetal en función a la concentración salina.

Se ve que mientras la presencia de NaCl aumenta considerablemente el tamaño de partícula del castaño, el NH<sub>4</sub>Cl 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.

#### 5.4.3.4 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 bastante con la temperatura y el pH, como se indica en el gráfico 4.





**FIGURA 10:** Factibilidad de curtición en función al tamaño de la molécula de tanino.

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 componentes insolubles del extracto como por ejemplo el ácido elágico, que se puede depositar entre las fibras de colágeno y aumentar el peso de la piel (rellenar) 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. Cuando los iones hidrógeno se combinan con los grupos  $\text{COO}^-$  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 se trabaja entre pH 3.2 y 5. A pH inferiores surgen los siguientes problemas:

- 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 (-OH) pasan a fenóxidos (-O<sup>-</sup>) 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 sustancia piel como de los taninos. También pueden formarse enlaces iónicos entre los grupos -COO<sup>-</sup> de los taninos y los NH<sub>3</sub><sup>+</sup> de las cadenas laterales del colágeno.

#### **5.4.5 Producción de extractos vegetales**

Los extractos se obtienen de distintas partes de los vegetales:

- **De cortezas:** Pino, mimosa.
- **De vainas:** Guarango o tara.
- **De maderas:** Castaño, quebracho.
- **De hojas:** Zumaque.
- **De cascabillos:** Valonea.

Después de recolectar y secar la materia prima se siguen los siguientes pasos para fabricar el extracto.

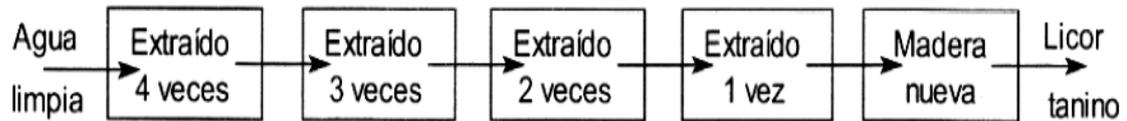
##### **5.4.5.1 Molturación o trituración**

Después de disgregar el material recolectado se pasa por imanes para separar las partículas metálicas que se desprenden de la máquina de triturar, ya que la presencia de hierro en el proceso de curtición afecta a las características finales del cuero.

##### **5.4.5.2 Extracción del material**

Se realiza, bien en tinajas a presión atmosférica y temperatura máxima de 100°C, bien en autoclaves con temperatura superior a los 100°C (habitualmente 120-130°C). En

autoclave se obtiene mayor rendimiento pero menor calidad. Hay extractos, como el zumaque, que se hidrolizan a temperaturas bajas y no se puede usar el autoclave. La extracción se hace en batería y a contracorriente, como se indica en el grafico 11:



**FIGURA 11:** Diagrama de la obtención de los extractos vegetales a contracorriente.

#### **5.4.5.3 Clarificación**

Normalmente se clarifican los licores mediante una decantación, eliminando así parte de los insolubles, ya que los mismos contienen sustancias que podrían afectar el proceso de curtido, así mismo, contienen colorantes que van a variar a la tonalidad final del cuero y no lograr el color deseado.

#### **5.4.5.4 Concentración**

Se realiza mediante evaporadores y su principal función es eliminar parte del contenido de agua para aumentar la concentración de los taninos presentes en el extracto, esto beneficia a una afijación más rápida del agente curtiente en la piel, y por ende una mejor curtición.

#### **5.4.5.5 Tratamientos químicos**

Al extracto se lo expone a posteriores tratamientos químicos, con la finalidad de cumplir con funciones más específicas o para facilitar si transportes, cambiar de color del extracto, prevenir la degradación bacteriana, mejorar la penetración, entre otros.

## **5.4.6 Principios y mecanismo de la curtición vegetal**

La curtición vegetal comprende dos etapas fundamentales:

- Penetración de la solución curtiente hacia el interior de la piel.
- Fijación del tanino sobre el colágeno.

### **5.4.6.1 Penetración**

La penetración es el ingreso del tanino en el ancho de la piel hasta cubrir completamente de forma transversal a la misma. Influyen varios factores en el proceso de la penetración de los curtientes en la estructura fibrilar de la piel, los cuales se describen a continuación.

#### **5.4.6.1.1 Estructura de la piel**

La estructura fibrilar de la piel es importante para una buena penetración, se busca en la piel que los espacios interfibrilares sean amplios para que el tanino pueda ir difundiendo hacia el centro de la piel sin problemas. Por tanto, conviene que la piel esté deshinchada y limpia de proteínas globulares y albúminas (que reaccionan con los taninos precipitando y estrechando los capilares). Sin embargo, la penetración final de la estructura fina se ve favorecida por un hinchamiento ácido reducido, ya que éste hace que las fibrillas incorporen agua y se separen entre sí. Las pre-curticiones que bloquean los grupos básicos de las cadenas laterales y los grupos peptídicos reducen la fijación de los taninos y, por lo tanto, aceleran su penetración.

Características del extracto: Como más astringente sea el extracto, menor penetración tendrá, ya que tenderá a fijarse en las fibras rápidamente. Asimismo, como mejor dispersado esté el extracto, mejor penetración tendrá, porque más fácilmente pasará por los espacios interfibrilares.

#### **5.4.6.1.2 Temperatura**

Al aumentar la temperatura se reduce la viscosidad y por tanto aumenta la penetración, aunque al principio de la curtición no conviene llegar a 40°C porque las pieles podrían contraerse. La temperatura se da, o bien por el efecto mecánico al rodar el bombo o bien por resistencia calefactora en el bombo.

#### **5.4.6.1.3 pH**

El pH tiene gran influencia sobre la penetración de los taninos hacia el centro de la piel, para valores óptimos de pH se busca que su valor este lo más cercano a pH 5,5 porque la piel tiene el mínimo hinchamiento, generando mayores espacios interfibrilares por los cuales los taninos se dirigirán hacia el centro de la piel.

#### **5.4.6.1.4 Concentración**

La penetración aumenta al aumentar la concentración del baño pero llega un momento en que disminuye al exceder un valor crítico de concentración del tanino, ya que la piel se deshidrata por efecto osmótico y se cierran los espacios interfibrilares dificultando la entrada y distribución de los taninos sobre el ancho de la piel.

#### **5.4.6.1.5 Acción mecánica**

La acción mecánica generada dentro del bombo al ponerlo en movimiento produce un efecto de bombeo que impulsa la entrada del tanino hacia el interior de la piel, favoreciendo la penetración.

#### **5.4.6.1.6 Concentración salina**

Las sales suprimen el hinchamiento ácido y aumentan la difusión del tanino. En sistemas de curtición rápida se realiza el acondicionado, que consiste en tratar las pieles

después del píquelo con sales neutras (por ejemplo  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) para bloquear los grupos reactivos de la superficie de la piel, se evita el hinchamiento ácido y la deshidratación por osmosis aunque se curta con licores de elevada concentración.

#### **5.4.6.2 Fijación**

La fijación es la reacción entre el tanino y las proteínas de la piel de forma estable, produciéndose el cuero. En la fijación también influyen varios factores que afectan su eficiencia.

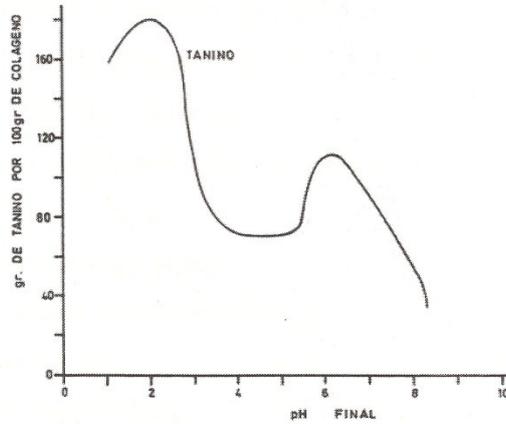
##### **5.4.6.2.1 Tratamiento previo de la piel**

Las operaciones de Ribera hidrolizan las proteínas interfibrilares y rompen puentes de hidrógeno, con lo cual se vacía la piel y se desfibran las fibras. Por tanto, cuanto más fuerte y larga sea la Ribera, más taninos se fijarán al curtir. Los sintéticos de base fenólica bloquean de forma irreversible los grupos reactivos del colágeno y disminuyen la cantidad de tanino fijado.

##### **5.4.6.2.2 pH**

Al reducir el pH aumenta el hinchamiento ácido, rompiéndose enlaces transversales que estabilizan la estructura fibrosa y liberando grupos (por ejemplo peptídicos) que pueden formar puentes de hidrógeno con los taninos, aumentando así la fijación. Además el ácido disminuye la ionización de los grupos fenólicos de los taninos, con lo que se pueden formar más puentes de hidrógeno. Para obtener una buena fijación se finaliza a un pH igual a 3,5 aunque si se quiere un cuero muy firme (suela) se puede llegar hasta pH igual a 3,2. Se acidifica en las últimas fases de curtición para lograr una mayor fijación. Se prefieren los ácidos orgánicos porque producen un efecto liotrópico sobre la piel, rompiendo puentes de hidrógeno y aumentando el número de grupos reactivos. Se usa mucho el ácido fórmico porque además es reductor y eso es bueno para prevenir la

oxidación de taninos. La fijación de tanino varía con el pH final como se ilustra en la figura 5:



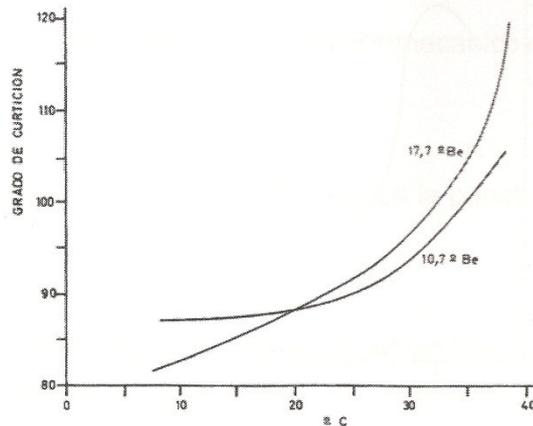
**GRAFICO 5:** Influencia del pH sobre la fijación del tanino.

Denotándose las siguientes zonas:

- A  $\text{pH} > 6$  se produce mucha oxidación
- A  $\text{pH} < 3$  se puede quedar acidez residual en el cuero e ir perdiendo resistencia al desgarro.
- A  $\text{pH} 5$  hay buena penetración pero poca fijación.

#### 5.4.6.2.3 Temperatura

Al aumentar la temperatura aumenta la fijación ya que ésta favorece la resonancia de los grupos peptídicos y de los dipolos de las moléculas tánicas, lo que facilita su atracción y una mejor fijación. Se recomienda llegar a unos  $38-40^{\circ}\text{C}$  como máximo<sup>2</sup>, porque a más temperatura hay peligro de desnaturalizar la proteína si el cuero no está perfectamente curtido, como se ilustra en la figura 6.



**GRAFICO 6:**Influencia de la temperatura con la fijación del agente curtiente sobre la piel

#### 5.4.6.2.4 Concentración salina

Las sales favorecen la penetración pero disminuyen la fijación de taninos porque producen un cambio de agregación de las partículas de tanino, que se insolubilizan. La concentración de sales debe ser suficiente para controlar el grado de hinchamiento ácido. En presencia de sales, el cuero resultante es más flexible, menos lleno y más hidrófilo. Cuando se trabaja en presencia de sales es preciso eliminarlas antes de secar el cuero ya que si no se eliminan disminuye la calidad del cuero (efecto liotrópico). En contacto con objetos metálicos y en ambientes húmedos se presenta corrosión.

#### 5.4.6.2.5 Concentración tánica

Como más concentrado esté el baño curtiente, mayor fijación habrá. Se trabaja muchas veces con concentraciones entre 12-18°Bé. Con baños de 6-8°Bé, aunque la cantidad de extracto sea la misma, a igualdad de condiciones, hay menor fijación<sup>2</sup>.

#### 5.4.6.2.6 Tiempo

La fijación requiere un tiempo. Como más rápido se curte, más en reposo hay que dejar las pieles, porque si no al lavar se marcha el tanino. Los procesos rápidos de curtición

tienen que llevar más pre-curtición y una acción mecánica más fuerte con lo cual dan cueros más fofos, menos firmes.

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  $MgSO_4$  anhidro para que los taninos no fijados precipiten con el  $Mg^{2+}$ . También se puede añadir  $Na_2S_2O_5$  (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. Si se desea que la suela sea más flexible (para países de clima seco) se pueden añadir glucosa o almidones que hacen aumentar el % de agua en el cuero.

## **5.5 El guarango**

El guarango es una planta originaria del Perú utilizada desde la época pre-hispánica, aplicada en la medicina folklórica o popular y, en los años recientes como materia prima en el mercado mundial de hidrocoloides alimenticios; de nombre científico *CaesalpiniaSpinosa* o *CaesalpiniaTinctoria*. Sus características botánicas son las siguientes: Es un árbol pequeño en sus inicios, de dos a tres metros de altura; pero, puede llegar a medir hasta 12 metros en su vejez; de fuste corto, cilíndrico y a veces tortuoso, su tronco está provisto de una corteza gris espinosa, con ramillas densamente pobladas, en muchos casos las ramas se inician desde la base dando la impresión de varios tallos. La copa del guarango es irregular, aparasolada y poco densa, con ramas ascendentes. Sus hojas son en forma de plumas, parcadadas, ovoides y brillantes ligeramente espinosa de color verde oscuro y miden 15 cm de largo.

Sus flores son de color amarillo rojizo dispuestas en racimos de 8 cm a 15 cm de largo. Sus frutos son vainas explanadas e indehiscentes de color naranja de 8 cm a 10 cm de largo y 2 cm de ancho aproximadamente, que contienen de 4 a 7 granos de semilla redondeadas de 0.6 cm a 0.7 cm de diámetro y son de color pardo negruzco cuando

están maduros. Inflorescencia con racimos terminales de 15 a 20 cm de longitud con flores ubicadas en la mitad distal. Flores hermafroditas, zigomorfas; cáliz irregular provisto de un sépalo muy largo de alrededor de 1 cm, con numerosos apéndices en el borde, cóncavo; corola con pétalos libres de color amarillento, dispuestas en racimos de 8 a 20 cm de largo, con pedúnculos pubescentes de 5 cm de largo, articulado debajo de un cáliz corto y tubular de 6 cm de longitud<sup>8</sup>, los pétalos son aproximadamente dos veces más grandes que los estambres.

### **5.5.1 El guarango en la industria del curtido**

La industria de curtidos y peletería tiene como objetivo la transformación de pieles de animales en cuero, producto resistente e imputrescible, de amplia utilización industrial y comercial en la elaboración de calzado, prendas de vestir (guantes, confección), marroquinería y pieles. El curtido de las pieles animales puede hacerse empleando agentes curtientes minerales, vegetales y sintéticos, o bien en casos muy especiales, mediante aceites de pescado o compuestos alifáticos sintéticos. El recurtido vegetal utiliza extractos de cortezas, madera, hojas, frutos (Guarango), agallas y de raíces. Los componentes de los extractos corresponden a los siguientes tipos de taninos: pirocatecol, pirogalol y elágicos. Todos ellos taninos hidrolizables o condensados, ambos tipos de taninos, hidrolizables y condensados, se emplean en la industria del cuero por:

- Su gran poder curtiente, permitiendo obtener una amplia variedad de cueros, que se diferencian en flexibilidad y resistencia.
- Impide que las fibras colágenas aglutinen en gramos al secar, para que quede un material poroso, suave y flexible.
- Los hace inmune al ataque bacteriano, aumenta temperatura de encogimiento, permite la sustitución del cromo y aprovechamiento de los residuos en el curtido de la piel.

---

<sup>8</sup> ALTERNATIVA DE PRODUCCIÓN SUSTENTABLE PARA MEJORAR LA ECONOMÍA CAMPESINA, GPL

El guarango se obtiene el polvo de guarango que contiene un gran porcentaje de taninos. El polvo de guarango se consigue mediante un proceso mecánico simple de trituración de vaina, previamente despepitada, obteniendo como producto un aserrín fino de coloración amarilla clara, con un aproximado de 52% a 54% de taninos<sup>9</sup>. Posteriormente se obtiene extracto de guarango o extracto tánico, mediante un proceso de concentración. Los taninos son sustancias polifenólicas naturales de origen vegetal que tiene la propiedad de curtir la piel transformándola en cuero y dar, en conjunción con sales de fierro, coloraciones azul oscura, negra o verde. El proceso para la obtención del concentrado tánico es el siguiente:

- Las vainas de guarango pasan por el proceso de separación de materias extrañas, estas son desvainadas (usando una desvainadora o despepitadora), obteniéndose porcentualmente: 33% de semilla, 45% de polvo y 22% de fibra.
- Posteriormente la fibra y el polvo (que salen juntos de la despepitadora), con un contenido de taninos de 52% a 54%, pasan por el proceso de extracción bajo los siguientes parámetros: 65 - 70°C de temperatura tiempo 30 - 40 minutos, relación agua/polvo 5/1 a 4/1, número de lavados 4 - 5.
- La purificación del extracto líquido se realiza por medio de decantación y filtración.
- La concentración del extracto líquido purificado se lleva de 2 - 5 grados Berilio hasta 11 - 12 grados Berilio. El secado del extracto se realiza por atomización.
- El producto final, extracto tánico o extracto de guarango, tiene las siguientes características: humedad 5% - 4%, taninos 66% - 71.5%, no taninos 27% - 19%, insolubles 3% - 5.5%, cenizas 3% - 3.5%.

---

<sup>9</sup>QUÍMICA TÉCNICA DE CURTICIÓN. Morera J.

**TABLA 4.** Análisis químico en los frutos del guarango (vainas y semillas).

<b>COMPONENTE</b>	<b>PORCENTAJE</b>
Humedad	11,70%
Proteínas	7,17%
Cenizas	6,24%
Fibra Bruta	5,30%
Extracto Etéreo	2,01%
Carbohidratos	67,58%
Taninos (Vainas)	62%

**Fuente:**<http://www.cueronet.com/tecnica/lapiel.htm>. (2010).

Generalmente, esta forma de curtido utiliza un 10-15% de tanino que se hace circular en contracorriente durante 2-6 días a pH 3,5 y a 35°C. El licor de curtido se aplica en sentido opuesto desde la cuba en la que el tanino está menos concentrado, y más contaminado, a la que está más concentrado y limpio. El efluente de la última cuba se reconcentra por evaporación y se utiliza para reponer el licor de la primera cuba. El efluente de la última cuba también se puede utilizar en el pre-curtido. Es necesario un pre tratamiento en un baño con el 5% de polifosfato y 2% ácido sulfúrico durante un día para facilitar la penetración y fijación del tanino. Con la utilización de taninos vegetales la corriente residual es menor y contiene una menor concentración de taninos, por lo que la coloración de las aguas residuales de las tenerías disminuye, aunque la concentración de materia orgánica es la misma. Se puede conseguir una reducción del 65% en el consumo del agua<sup>10</sup>. Los principales taninos vegetales son extractos acuosos de tipos especiales de fruto, madera y corteza, especialmente Guarango, Quebracho y Acacia. El principal constituyente activo es el ácido tánico. Los taninos penetran en el cuero o la piel después de largos períodos de inmersión, durante los cuales los agregados moleculares de tanino forman entrecruzados entre las cadenas polipeptídicas de las proteínas de la piel. La formación de puentes de hidrógeno es un factor importante.

---

<sup>10</sup>PROCESOS DE CURTIDO.Soler J.

La casa Comercial Bayer señala que los crecientes problemas ambientales y la visión de un grupo de agro promotores podrían rescatar al Guarango y promover el aprovechamiento de sus ventajas. Y es que el método estándar para la curtiembre industrial de cueros, basado en compuestos de cromo, ha despertado las alarmas por la acumulación de estos compuestos en el ambiente y su potencial cancerígeno. Por esto, las políticas de la Comisión Europea, por ejemplo, se dirigen hacia promover nuevos métodos de curtiembre libres de cromo (en el Ecuador no hay políticas al respecto).

Entre estos métodos se destaca la utilización de taninos vegetales, como los contenidos en el Guarango. Es así que en el Perú que produce la mayor parte de la oferta anual de taninos de Guarango del mundo, en el primer trimestre de este año las exportaciones crecieron 55%, superando los 7 millones de dólares. La demanda mundial sería de 800 mil toneladas al año<sup>11</sup>, cien veces más que la producción actual, por lo que hay buenas perspectivas de crecimiento.

### **5.5.2 Ventajas técnicas**

Las ventajas técnicas del Guarango como curtiente vegetal son:

- No contiene prácticamente sustancias colorantes. Su empleo permite producir cueros de tonalidades muy claras y resistentes a la luz.
- Confiere poder de relleno, flexibilidad y da una flor lisa y firme.
- En la piel curtida con tara en polvo la resistencia de la flor a la rotura resulta superior a cualquier otra obtenida con otro tanino vegetal. Se puede mezclar perfectamente con otros taninos vegetales y sintéticos.

---

<sup>11</sup> CADENAS AGROPECUARIAS PARA LA CONSERVACIÓN DE LA CUENCA RIO PITA. Fonag

## **5.6 Análisis físicos del cuero**

Los ensayos físicos, junto con los ensayos de solidez, sirven para evaluar la capacidad de la piel terminada para resistir con éxito los esfuerzos y acciones a que estará sometida tanto en su transformación en un objeto de uso como en su empleo por parte del consumidor. Los ensayos físicos se ocupan de propiedades que dependen de la estructura completa del corte del cuero, considerado en todo su espesor, mientras que los ensayos de solidez estudian básicamente propiedades relativas a las características superficiales del cuero.

Los resultados de la medición de los parámetros físicos dependen mucho de factores como la localización y las dimensiones de las probetas, las características técnicas de los instrumentos, las condiciones ambientales, y en general de las particularidades de los procedimientos empleados. Por todo ello el ensayo físico, al igual que las solidez, debe determinarse bajo estrictas condiciones de normalización en las cuales todas las variables prácticas queden fijadas sin ambigüedades.

### **5.6.1 Resistencias físicas del cuero**

Las resistencias físicas del cuero evalúan la firmeza de la estructura que presenta el cuero a las fuerzas a las que será sometido en el uso diario, si el resultado estas pruebas no cumple los parámetros establecidos en la normativa de referencia el cuero no resistirá satisfactoriamente el uso al que será sometido.

### **5.6.2 Medición de la resistencia a la tracción y porcentaje de elongación**

Para determinar la resistencia a la tracción se fija una probeta de cuero de forma alargada entre las pinzas de un dinamómetro y se procede seguidamente a separar las pinzas a una velocidad constante mientras la fuerza ejercida sobre la probeta se mide con la célula de carga del instrumento.

La tensión aplicada tiene como consecuencia inmediata la deformación de la probeta, la cual se alarga continuamente en la dirección en la que se ejerce la fuerza hasta que se produce su rotura.

Existe la costumbre de expresar la resistencia a la tracción como el cociente entre la fuerza de rotura y la sección transversal de la probeta. El resultado se expresa en newton por milímetro cuadrado.

$$\text{Resistencia a la traccion} = \frac{F}{W * T}$$

Donde

$F$  = Fuerza máxima antes de la ruptura (N)

$W$  = Ancho de la probeta (mm)

$T$  = Espesor de la probeta (mm)

El alargamiento o elongación se calcula como la diferencia entre la separación final y la separación inicial de la probeta. Esta diferencia se expresa como porcentaje de la separación inicial. La elongación puede determinarse a una fuerza dada o a la rotura (elongación máxima):

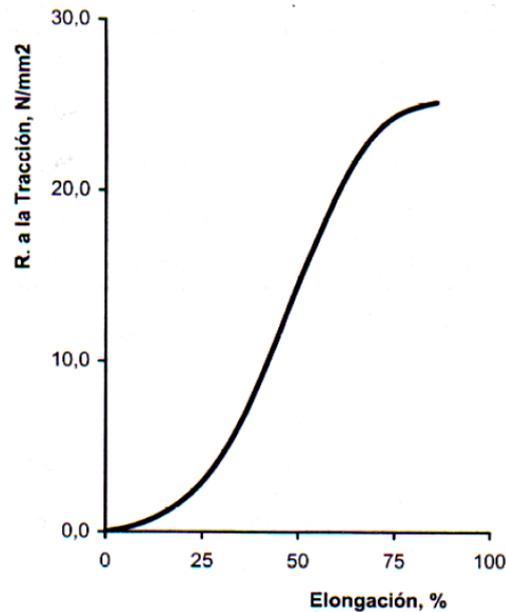
$$\% \text{ de elongacion a la ruptura} = \left( \frac{L_2 - L_0}{L_0} \right) * 100$$

Donde

$L_2$  = Longitud a la ruptura de la probeta o longitud final

$L_0$  = Longitud inicial de la probeta

Para un gran número de curtidos de diferentes clases, al representar la fuerza de tracción respecto de la elongación se obtiene un gráfico como el que se muestra en la figura 7.



**GRAFICO 7:**Representación de las fuerza de tracción respecto a la elongación.

A valores muy bajos de tracción se observa que el cuero ofrece muy poca resistencia a la deformación, alargándose mucho con muy poca fuerza. En esta parte de la curva, precisamente la que tiene una forma más curvada, el cuero se comporta como un material elástico cuya deformación es todavía recuperable si cesa la fuerza. En cambio, el tramo que sigue a continuación, casi lineal y con una fuerte pendiente, se corresponde con un comportamiento de tipo plástico, en el que el cuero presenta una fuerte resistencia a deformarse. La deformación ya no es recuperable (probablemente hay ya rotura de fibras), y si la tracción continúa se llega a la rotura de la probeta. Comparando la resistencia a la tracción de los cueros con otros materiales de distinta naturaleza podemos apreciar una gran diferencia, como se muestra en el cuadro5.

**TABLA 5:** Resistencias a la tracción de diversos materiales.

<b>Material</b>	<b>Resistencia a la tracción (N/mm<sup>2</sup>)</b>
Acero endurecido	58000 a 300000
Hierro colado	10000 a 20000
Alambre de cobra	44000 a 50000
Aluminio	20000 a 30000
Plomo	2000 a 2500
Madera	6000 a 12000
Lana	35000 a 60000
Algodón	20000 a 79000
Seda	34000 a 60000
Cuero	2000 a 4000

**Fuente:**ANÁLISIS Y ENSAYOS EN LA INDUSTRIA DEL CUERO. Font, J.

Puede observarse como los materiales con una estructura fibrosa bien orientada tienen valores de resistencia a la tracción muy superiores a los del cuero, llegando a alcanzar casi el mismo orden de magnitud que los de los metales.

# CAPITULO II

## 6. PARTE EXPERIMENTAL

### 6.1 Muestro

Para el muestreo en cueros es necesario tener en consideración varios factores descritos en el cuadro 2.

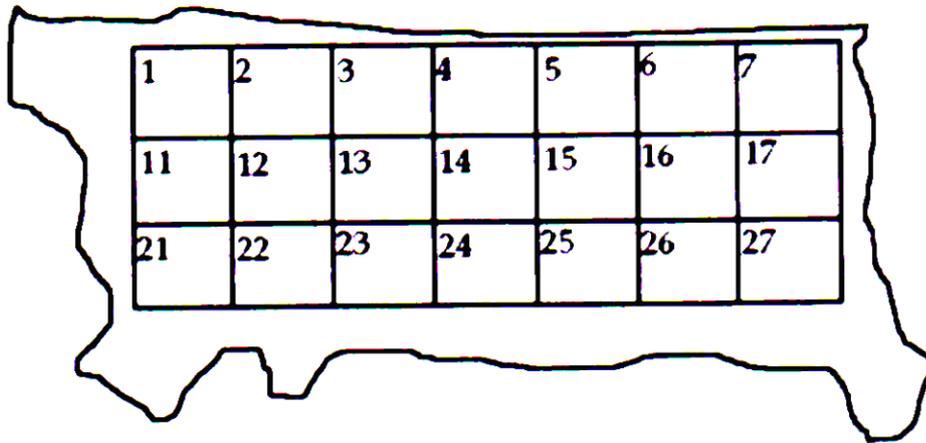
**CUADRO 2:** Factores para el muestreo del cuero

FACTOR	CONSIDERACIÓN
Número de pieles que deben tomarse del lote para el muestro	<ul style="list-style-type: none"><li>• El coste de los ensayos físicos será directamente proporcional al número de muestras tomadas.</li><li>• No es el caso de los análisis químicos, ya que las diferentes sub-muestras pueden mezclarse una vez molidas formando una única muestra compuesta.</li><li>• En las pieles en las que se ha separado una muestra se obtiene una merma en el rendimiento de peso y superficie. Según la zona de la piel y según el destino comercial puede significar la depreciación del clasificado de la pieza restante.</li><li>• Por todo ello debe deducirse que el muestreo debe hacerse en las condiciones que impliquen el consumo de la menor cantidad posible de cuero. No obstante, el no tomar suficientes muestras puede llevar a la obtención de resultados inservibles por no ser representativos del lote de pieles que se examinara.</li></ul>
Localización de la toma de muestras en el cuero	<ul style="list-style-type: none"><li>• Composición química de cada zona de la piel del animal.</li><li>• Localización de la muestra dentro de la piel.</li><li>• División de la piel y su espesor.</li><li>• Diferencia en las resistencias físicas del cuero para cada zona de la piel.</li></ul>

**Fuente:** Norma IUP 1

### 6.1.1 Zonas del cuero para el muestreo

Para el muestreo del cuero según la normativa IUP 2 se debe considerar las siguientes zonas, las mismas que presentan una diferente composición química, estructura fibrilar y por ende registrarán valores no homogéneos en los análisis físicos, como se ilustra en la figura 12:



**FIGURA 12.** Localización de la toma de muestra<sup>12</sup>.

Para el criterio en cuanto a toma de muestra en función del número de pieles que se deben tomar y en vista de que se trata de un estudio de investigación se extrajo de cada una de las pieles curtidas una muestra, en base a que cada una representa una unidad experimental. Para la selección de la zona del cuero de donde se extrajeron las probetas de cuero (muestra) se basó en las normativas IUP 2, tomando como zona de muestreo la localización número 5.

---

<sup>12</sup>ANÁLISIS Y ENSAYOS EN LA INDUSTRIA DEL CURTIDO, J.Font

## **6.1.2 Toma de la muestra para hojas o bandas (IUP 2).**

### **6.1.2.1 Extensión**

El método es aplicable a todo tipo de pieles y cueros procedentes de mamíferos, independientemente del tipo de curtición. No es aplicable a pieles obtenidas de aves, peces o reptiles.

### **6.1.2.2 Definiciones**

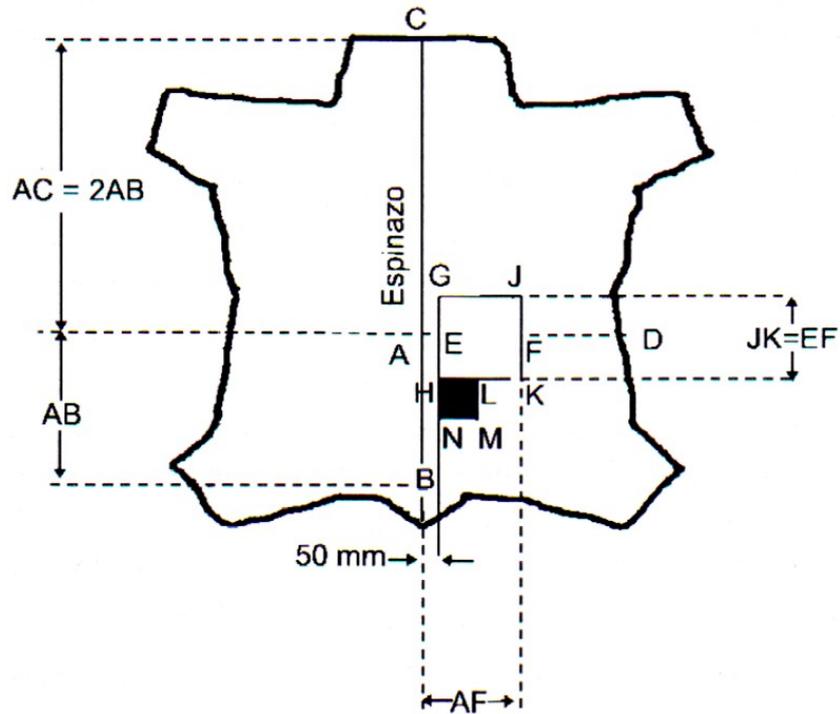
Muestra de laboratorio: muestra tomada de las áreas especificadas dentro del superficie del cuero.

### **6.1.2.3 Localización y Selección de las muestras de laboratorio**

Las áreas seleccionadas para la obtención de las muestras de laboratorio probetas deben estar exentas de defectos ostensibles, como rasgaduras o cortes del desuello. Los procedimientos descritos bajo este modelo de toma de muestreo permiten obtener muestras simultáneamente para efectuar ensayos físicos, para solideces, y para análisis químico.

#### **6.1.2.3.1 Localización de la muestra en bandas y cueros enteros**

Las probetas (muestras) para los ensayos físicos de una banda o cuero entero se cortan del cuadrado denotado por HKJG descrito en la figura13.



**FIGURA 13:** Representación del cuero sin cabeza mostrando la localización de muestras para bandas.

Dónde:

S = Raíz de la cola

A = Punto del espinazo, tal que  $CA = 2AB$

AD = Línea perpendicular a BC

F = Punto medio de AD

AE = 50 mm  $\pm$  5 mm

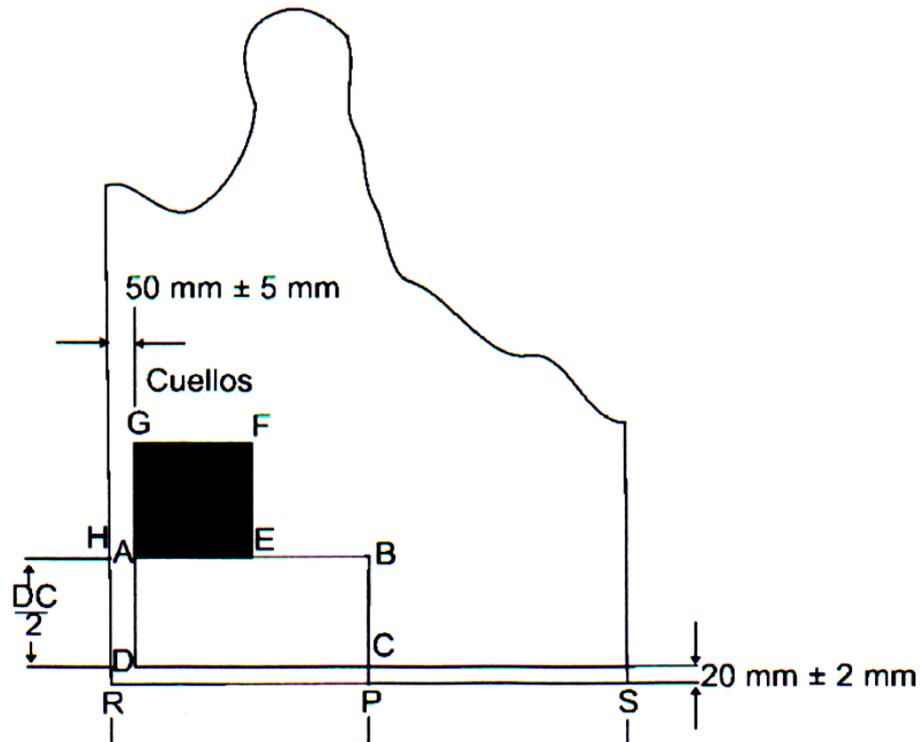
Para dos bandas de una misma piel por ende JK será igual a EF y GE será igual a EH.

Las líneas GH y JK son paralelas a la línea BC.



### 6.1.2.3.3 Localización de la muestra en cuellos

Las probetas (muestras) para los ensayos físicos del cuello se cortan del cuadrado denotado por ABCD descrito en la figura 15



**FIGURA 15:** Representación de un medio cuello denotando la localización de la toma de muestra para cuellos.

Dónde:

P = Punto medio de RS

DC = Línea paralela a RS a una distancia de 20 mm

BCP = Línea paralela al espinazo

DA = Línea paralela al espinazo a una distancia de 50 mm

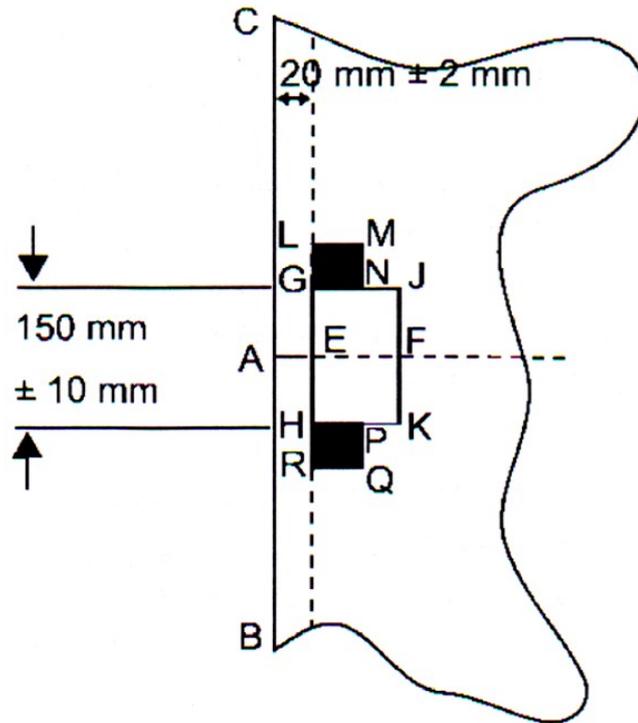
DA = DC/2

AB = Línea paralela a DC

AH =  $50\text{ mm} \pm 5\text{ mm}$

#### 6.1.2.3.4 Localización de la muestra en faldas

Las probetas (muestras) para los ensayos físicos de las faldas se cortan del cuadrado denotado por GJHK descrito en la figura 16.



**FIGURA16:** Representación de una media falda denotando la localización de la toma de muestra para faldas.

Dónde:

AD = Línea perpendicular a BC

CA = Línea de igual magnitud que BC

GH = 150 mm ± 10 mm

AE = 20 mm

GE = EH = EF

LG = HR = GE/2

LG = GN = HP

#### **6.1.2.4 Almacenamiento de las muestras de laboratorio**

Guardar las muestras de laboratorio de forma que se eviten contaminaciones y los efectos de un calentamiento local.

#### **6.1.2.5 Identificación de las muestras de laboratorio**

##### **6.1.2.5.1 Marcado**

Marcar la dirección del espinazo con una flecha apuntando hacia la posición de la cabeza colocada junto al lado más próximo al espinazo.

##### **6.1.2.5.2 Etiquetado**

Etiquetar la muestra de laboratorio con la siguiente información:

- Número de referencia del lote de cuero
- Fecha del muestreo
- Número de referencia de la muestra (si existe)

##### **6.1.2.5.3 Acondicionamiento**

La temperatura y la humedad relativa del aire en equilibrio con la piel influyen en la mayor parte de sus propiedades físicas. Magnitudes como la resistencia a la tracción y el porcentaje de alargamiento, el contenido de agua, y dimensiones del cuero como el grosor y la superficie varían significativamente en función de las condiciones ambientales, especialmente con la humedad.

En general la influencia de la humedad ambiental puede resumirse en los siguientes aspectos:

- Las resistencias mecánicas aumentan con el grado de la humedad ambiental.
- La superficie y el espesor del cuero aumentan con la humedad ambiental.
- La modificación de las propiedades es muy pronunciada en las condiciones ambientales extremas: humedades muy bajas (0 a 25%) o muy altas (75 a 100%).
- al contrario las propiedades del cuero permanecen casi invariables en ambientes situados entre el 45% y el 64% de humedad relativa.

Para el acondicionamiento de las muestras las mismas deben estar 48 horas como mínimo previo al análisis físico en un ambiente con las condiciones descritas en la tabla6.

**TABLA6:** Condiciones estándar de acondicionamiento

DENOMINACIÓN	TEMPERATURA (°C)	HUMEDAD RELATIVA (%)
20/65	20 ± 2	65 ± 5
23/50	23 ± 2	50 ± 5

**Fuente:**ANÁLISIS Y ENSAYOS EN LA INDUSTRIA DEL CURTIDO, J.Font

En el informe de resultados debe hacerse constar las condiciones que se han aplicado para el análisis. Las condiciones ambientales 23/50 son más agradables y más fáciles reproducir que las condiciones 20/65.

### **6.1.3 Localización de la investigación**

La realización de la presente investigación se dio lugar en la Fundación Biorecolte, cuyos laboratorios se encuentran ubicados en el interior de la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, a 150 Metros hacia al Nor-Oeste de la Facultad de la escuela de Agronomía, Facultad de Recursos Naturales.

### **6.1.4 Alcance de la investigación**

El alcance de la presente investigación abarca desde la elaboración a escala de laboratorio de pieles bovinas curtidas con extracto tánico y gálico del harina de Guarango para el análisis del comportamiento físico y sensorial del cuero terminado, hasta la elaboración del documento que contiene el diseño del proceso dentro de la etapa de curtición utilizando extracto tánico y gálico del harina de Guarango.

## **6.2 Metodología**

### **6.2.1 Métodos**

#### **6.2.1.1 Método científico de investigación**

En vista de que el presente trabajo investigativo se basa en un estudio empírico se tomó como régimen aplicativo el tipo de método de investigación científico, que teóricamente es un método de investigación usado principalmente en la producción de teorías bajo la identificación de una problemática que se busca satisfacer con la formulación de hipótesis y su posterior comprobación. Para ser llamado científico, un método de investigación debe basarse en la empírica y en la medición, sujeto a los principios específicos de las pruebas de razonamiento y que satisfagan las características necesarias para poder ayudar a despejar la valides o no de la hipótesis.

Dentro del presente estudio se debió cumplir con los principales pilares que fundamentan una investigación científica dentro del método escogido. El primero de ellos es la reproducibilidad, es decir, la capacidad de repetir un determinado experimento, en cualquier lugar y por cualquier investigador. Para cumplir con este pilar se basa en la comunicación y publicidad de los resultados obtenidos en forma de artículo científico. El segundo pilar es la refutabilidad, es decir, que toda proposición científica tiene que ser susceptible de ser falsada o refutada (falsacionismo). Esto implica que se podrían diseñar experimentos, que en el caso de dar resultados distintos a los predichos, negarían la hipótesis puesta a prueba.

Dentro de las subclases que componen el método de investigación científico se aplicó más profundamente en el presente estudio las siguientes:

#### **6.2.1.2 Método empírico.**

Por la naturaleza del presente estudio se aplicó el método empírico como base para la el lineamiento dentro de todas las actividades investigativas y decisiones experimentales, ya que este sub-método implica a través de la observación de las relaciones entre los objetos, la formulación de hipótesis y su posterior comprobación en base a la concordancia entre los resultados obtenidos y los resultados proyectados en el contexto de la hipótesis. Es así que se tomó a consideración las características principales que conlleva el método empírico de investigación, los mismos que se detallan a continuación:

##### **6.2.1.2.1 Método fáctico**

Característica que se ocupa de los hechos que realmente acontecen, medibles cuantificables y únicamente involucrados sujetos concretos, característica aplicable necesariamente al presente estudio en vista que se trata de una investigación donde se estructuro un diseño de proceso de la etapa de curtación con la aplicación de diferentes niveles de extracto tánico y gálico del guarango y para comprobar su eficacia se aplicó a

pequeña escala los pasos y acciones que denotan al proceso diseñado, y que arrojan como objeto final los cueros terminados, las mismas que fueron posteriormente analizadas bajo pruebas físicas y sensoriales y que ayudaron a la comprobación de la eficiencia del diseño y plantearon sus posibles recomendaciones.

#### **6.2.1.2.2 Verificación empírica**

Dentro del método de investigación científico la comprobación de la hipótesis no se pone a prueba mediante el mero sentido común o el dogmatismo filosófico o religioso, sino mediante una cuidadosa contrastación por medio de la percepción, medición y análisis de las unidades experimentales, y en base a la comparación entre las posibles respuestas que se proyectan en la hipótesis y los resultados tangibles obtenidos por los análisis se llega a la conclusión de la veracidad o refutabilidad de la misma.

Dentro del presente trabajo se realizó este procedimiento de verificación de la hipótesis al obtener los análisis sensoriales y físicos del cuero curtido bajo el modelo del proceso dictado dentro del diseño, para finalmente y por medio de las respuestas establecidas por los análisis llegar a las conclusiones referentes al planteamiento del proceso.

#### **6.2.1.2.3 Factibilidad para toma de muestras**

El muestreo es una parte importante del método científico de investigación ya que pauta las técnicas correctas para la toma de las muestras. Para la presente investigación se tomó como guía para la correcta toma de muestras el conjunto de directrices establecidas en la norma IUP 2 para cuero, tomando como base las pautas normadas dentro de dicho documento, y que garanticen la representatividad de cada muestra dentro de toda la población, para la posterior medición de las características sensoriales y físicas del cuero terminado bajo el diseño del proceso sugerido.

### **6.2.1.3 Método empírico experimental**

Dentro del método de investigación empírico se encuentra una amplia clasificación de modelos de investigación, en función a las características y tipo de investigación aplicamos el que más se acoplaría al presente estudio, para ello se aplicó de manera adecuada el método empírico experimental en vista de que es el más completo y eficaz, además partimos del echo que en este método el investigador interviene sobre el objeto de estudio modificando al mismo directa o indirectamente para crear las condiciones necesarias que permitan revelar sus características fundamentales y sus relaciones esenciales bien sea:

- Aislando al objeto y las propiedades que estudia de la influencia de otros factores, en este caso las unidades experimentales.
- Reproduciendo el objeto de estudio en condiciones controladas, en este caso reproduciendo el proceso diseñado a pequeña escala.
- Modificando las condiciones bajo las cuales tiene lugar el proceso o fenómeno que se estudia, en este caso las variables de proceso que implican la etapa de curtición.

Así, los resultados son sacados de la manipulación sistemática de variables en un experimento bajo el previo diseño de las acciones a cumplir para lograr la comprobación de la hipótesis, es decir diseñando el proceso de la etapa de curtación que se deriva de la réplica del mismo a nivel de laboratorio y que arrojo las unidades experimentales objeto del análisis.

### **6.2.2 Técnicas**

Las técnicas representas las instrumentos y directrices que sirven como guía para la obtención de los objetivos de la investigación y que son específicas para cada aspecto

de la mima. Las técnicas utilizadas dentro del desarrollo de la presente investigación se detallan a continuación.

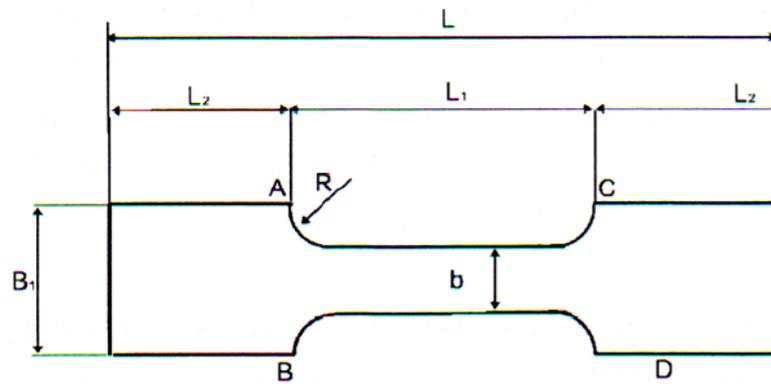
### **6.2.2.1 Determinación de la resistencia a la tracción y del porcentaje de elongación según la normativa IUP 6.**

#### **6.2.2.1.1 Objetivo**

Explicar el procedimiento correcto para la valoración de la resistencia de la tracción y el porcentaje de elongación de las pieles vacunas curtidas con extractos vegetales.

#### **6.2.2.1.2 Aparatos**

- Troquel corta probetas diseñado para cortar una probeta de cuero según las dimensiones especificadas por la normativa IUP 1, como se muestra en la figura 17 y en la tabla 7.
- Un pie de rey.
- Calibrador del espesor.
- Máquina para ensayos de tensión (dinamómetro), con una velocidad uniforme de separación de mordazas de  $100 \text{ mm/min} \pm 20 \text{ mm/min}$ , y un sistema de determinación de la extensión de la probeta.
- Mordazas, con una longitud mínima de 45 mm en la dirección de la carga aplicada, capaces para ejercer una sujeción constante. La textura y diseño de las caras internas de las mordazas deberán ser tales que a la máxima carga alcanzada en el ensayo, la muestra no se deslice de dichas sujeciones más del 1% de la separación inicial entre las mordazas.



**FIGURA 17:** Forma de la probeta.

**TABLA 7.** Dimensiones de las probetas.

Denominación	L	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	B	B <sub>1</sub>	R
Normal	110 ± 1	50 ± 1	30 ± 1	10 ± 1	25 ± 1	5 ± 1
Grande	190 ± 1	100 ± 1	45 ± 1	20 ± 1	40 ± 1	10 ± 1

*Todas las dimensiones se expresan en mm. R es el radio.*

**Fuente:** ANÁLISIS Y ENSAYOS EN LA INDUSTRIA DEL CUERO. Font J.

### 6.2.2.1.3 Procedimiento para el ensayo

ORDEN	PROCEDIMIENTO
1	Comprobar mediante un pie de rey que las medidas B y L <sub>1</sub> cumplen las especificaciones de antes mencionadas en el cuadro poner 9.
2	Realizar las medidas en tres posiciones: en el punto medio y en las posiciones aproximadamente equidistantes entre el punto medio y las líneas AB y CD (figura 22). Tomar la media aritmética de las tres medidas como el espesor de la probeta.
3	Situar las mordazas del aparato de ensayo de resistencia a la tracción a 50 mm una de otra si se utiliza la probeta normal, o 100 mm si se usa la probeta grande. Sujetar la probeta en las mordazas de manera que sus extremos coincidan con las líneas AB y CD. Cuando la probeta esté sujeta, asegurar que su lado flor esté plano. Poner en marcha la máquina hasta que la probeta se rompa y registrar la mayor fuerza ejercida como fuerza de rotura, F.
4	Determinación del porcentaje de elongación a la rotura Efectuar esta medida de forma simultánea a la de la tracción.

#### 6.2.2.1.4 Cálculos y expresión de resultados

Anotar las medidas obtenidas en una plantilla como la de la página siguiente. Calcular la Resistencia a la Tracción y la Elongación a la rotura para cada probeta y finalmente expresar el resultado final como la media aritmética de las réplicas realizadas bajo un formato como se recomienda en el cuadro 3.

**CUADRO 3:** Plantilla para cálculos de resistencia a la tracción y % de elongación

ANÁLISIS FÍSICOS							
Referencia:				Operador:			
Fecha:				Descripción:			
Anchura media de la probeta:				Replicados:			
Resistencia a la tracción = Fuerza máxima en N / área de la probeta (N/mm <sup>2</sup> ).							
Norma referencial IUP6							
Muestra	Espesores (mm)			Espesor medio	Fuerza (N)	R. Tracción (N/mm <sup>2</sup> )	Promedio N/mm <sup>2</sup>
Porcentaje de elongación a la ruptura (%)							
Marca							Promedio
Elongación (%)							

Finalmente comparar los resultados con las especificaciones de diferentes tipos de curtidos, según la normativa IUP 6 para cuero bovino como se indica en el cuadro 4.

**CUADRO 4:** Parámetros de aceptación del cuero según la normativa IUP 6

<b>TIPO DE PIEL</b>	<b>DESTINO</b>	<b>VARIABLE FÍSICA</b>	<b>PARÁMETRO</b>
Bovina	Calzado	Resistencia a la tracción	Min. 1,53 N/mm <sup>2</sup>
	Marroquinería	Porcentaje de elongación	Min. 40% Max. 80%

**Fuente:** Normas de cuero IUP 6

## 6.2.2.2 Análisis sensorial del cuero

### 6.2.2.2.1 Llenura

PRINCIPIO TEÓRICO	SENTIDO	CRITERIO A EVALUAR	PROCEDIMIENTO	PONDERACIÓN
<p>La llenura del cuero es la medida de la capacidad del agente curtiente de ocupar los espacios interfibrilares del colágeno, brindándole una sensación al tacto de mayor compactación al cuero, la llenura es específica para cada tipo de artículo al que será destinado el cuero, para la confección de calzado y artículos de marroquinería la calidad del producto final se ve favorecida con una alta llenura, en contraste con los cueros para vestimenta, que deben estar provistos de una llenura moderada.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tacto</li> </ul>	<p>Capacidad del agente curtiente de rellenar los espacios vacíos entre las fibras de colágeno.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar el lugar de muestreo que debe ser el mismo de donde se seleccionaron las probetas para las resistencias físicas.</li> <li>• Colocar el cuero entre las yemas de los dedos procurando que no se descoloque de la zona de muestreo.</li> <li>• Palpar con las yemas en la misma zona tanto por ambos lados sintiendo cuan lleno se encuentra el cuero.</li> <li>• Dar la valoración según la escala de ponderación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 malo</li> <li>• 2 regular</li> <li>• 3 bueno</li> <li>• 4 muy bueno</li> <li>• 5 excelente</li> </ul>

### 6.2.2.2.2 Blandura

PRINCIPIO TEÓRICO	SENTIDO	CRITERIO A EVALUAR	PROCEDIMIENTO	PONDERACIÓN
<p>La blandura es la capacidad que tiene el cuero para que al ser sometido a repetidos dobleces regresar a su estado original, es decir la flexibilidad que presenta el cuero al doblarse bajo la acción de su propio peso infiriendo que cuando la blandura es mejor esta acción es más rápida, para lo que se utiliza los sentidos del tacto y de la vista, ya que se observará la deformación y se realizara la determinación de la sensación que provoca al regresar a su estado inicial, simulando el movimiento que serializa en el armado o confección del artículo final y en el uso diario.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tacto</li> <li>• Vista</li> </ul>	<p>Facilidad con la que el cuero se flexiona bajo la fuerza ejercida por su propio peso.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Colocar el cuero entre los brazos a fin de en lo posible se encuentre en posición horizontal.</li> <li>• Con la ayuda de un segundo analista colocar el cuero en su mano justo en la mitad del mismo.</li> <li>• Soltar los extremos del cuero y evaluar la facilidad con que el mismo se flexiona bajo su peso.</li> <li>• Generar la acción contraria y evaluar con el tacto la facilidad del cuero a regresar a su estado original</li> <li>• Dar la valoración según la escala de ponderación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 malo</li> <li>• 2 regular</li> <li>• 3 bueno</li> <li>• 4 muy bueno</li> <li>• 5 excelente</li> </ul>

### 6.2.2.2.3 Redondez

PRINCIPIO TEÓRICO	SENTIDO	CRITERIO A EVALUAR	PROCEDIMIENTO	PONDERACIÓN
<p>La redondez es la capacidad del cuero a curvarse homogéneamente al ser doblado, la redondez está en función de la llenura, a valores altos de llenura el cuero presentara también una redondez óptima. La redondez es esencial al momento de la confección de zapatos o de artículos de marroquinería ya que el efecto mismo de la elaboración de dichos artículos implica doblar en ciertas zonas al cuero, si el cuero tiene una correcta redondez el artículo se adaptara adecuadamente a la forma que se desea, sin presentar zonas no dobladas o irregularidades en la curvatura.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tacto</li> <li>• Vista</li> </ul>	<p>Homogeneidad de la curva que se produce en el cuero al ser doblado.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tomar una sección del cuero de igual superficie que la del puño cerrado del analista.</li> <li>• Doblar el cuero hasta que los dos extremos de la sección analizada se encuentren juntos</li> <li>• Evaluar la curvatura del tubo que se forma</li> <li>• Dar la valoración según la escala de ponderación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 malo</li> <li>• 2 regular</li> <li>• 3 bueno</li> <li>• 4 muy bueno</li> <li>• 5 excelente</li> </ul>

### **6.2.2.3 Técnicas de recopilación y análisis del material bibliográfico**

Dentro de la aplicación de esta técnica se encuentra la identificación de los conocimientos teóricos que son requisito para la comprensión de los componentes y acciones que integran la investigación, así como la correcta comprensión del mecanismo a efectuar dentro de los diferentes métodos y procedimientos dentro del diseño del proceso.

Es de vital importancia establecer el límite en los temas recopilados la profundidad con que se los analizara para obtener una base teórica con una extensión acorde a la investigación, y evitar de esta manera el exceso de conceptos que llevarían a confusiones y pérdidas de tiempo injustificadas al analizarlas y al acoplarlas al desarrollo de la investigación.

#### **6.2.2.3.1 Compilación de la información previa**

La recopilación de datos es la etapa del proceso de la investigación que sucede en forma inmediata al planteamiento del problema. Es decir, cuando se tienen los elementos que determinan lo que se va a investigar, se pasa al campo de estudio, para efectuar la recopilación o recolección de los datos experimentales que conllevaran a la posterior formulación de conclusiones.

Dentro de las sub-técnicas que se utilizaron para la recopilación de los datos para la presente investigación se encuentran:

#### **6.2.2.3.2 Diarios de Campo**

Permiten sistematizar la información y ser conscientes del proceso de investigación como tal. Ya que en este se lleva un registro de hora, día, fecha, lugar, actividad, objetivo, protagonistas, acuerdos y análisis de lo que percibe el investigador, los

recursos que utilizó y una descripción de las actividades que permiten hacer un seguimiento paso a paso de la investigación.

#### **6.2.2.4 Técnicas de recolección y tabulaciones de datos**

La recolección de datos es un proceso meticuloso y complejo, pues requiere un instrumento de medición que sirva para obtener la información necesaria para estudiar un aspecto o el conjunto de aspectos de un problema. Para el diseño del instrumento hay que tomar en cuenta:

- **El objetivo de la investigación:** Este determina cuales datos se solicitarán del informante. Permite evitar la inclusión de preguntas innecesarias y establecer otras para efectuar algún tipo de control.
- **Características del informante:** Conocerlas permitirá adecuar el contenido y redacción de las preguntas a su nivel cultural, grado de cooperación e información que esté en condiciones de proporcionar.
- **Tiempo disponible para efectuar la recolección:** El tiempo disponible para efectuar la recolección puede influir en la extensión del instrumento y el grado de control que se pueda realizar sobre la calidad de los datos que se obtengan.

##### **6.2.2.4.1 Objetivos que se busca con la selección de las técnicas de recolección de datos**

Al momento de elegir las técnicas que guiaran la recolección de datos se debió buscar que cumplan con los siguientes objetivos puntuales:

- Describir las técnicas de recolección de datos.

- Describir las posibles fuentes de error en el proceso de recolección de datos  
Identificar las técnicas usadas para la recolección de datos en ejemplos que se le presenten.
- Seleccionar la técnica de recolección de datos que es conveniente emplear en ejemplos que se le presenten.
- Cuando se está planificando una investigación, luego de definir sus objetivos, es preciso diseñar la estrategia para alcanzarlos.

#### **6.2.2.4.2 Criterios para la selección de las técnicas de recolección de datos**

Para decidir qué instrumento o técnica se utilizó para la recopilación de los datos en la presente investigación se consideran tres aspectos fundamentales.

#### **6.2.2.4.3 Fuente de datos**

En relación con la fuente que suministra los datos, ésta puede ser una fuente primaria, si el dato es tomado de su lugar de origen y fuente secundaria, si el dato no es tomado directamente, sino que se aprovechan aquellos previamente recogidos por otras personas; por ejemplo, dentro de la investigación al obtener el valor de las resistencias físicas del cuero se debe medir el valor de dichas variables en el laboratorio, en ese caso se utiliza una fuente primaria; si por el contrario, se desea cotejar los resultados obtenidos con las normas previamente establecidas por analistas externos, se trata de una fuente secundaria. A la hora de seleccionar una fuente de datos es importante evaluar la confiabilidad de ambos tipos. En el caso de tener que utilizar una fuente secundaria y si existen varias fuentes con la misma información la selección se realiza siguiendo dos criterios: calidad de la información y accesibilidad administrativa.

#### **6.2.2.4.4 Técnicas de recolección de datos**

Dentro de las técnicas aplicadas para la recolección de los datos para el desarrollo de la presente investigación citamos las siguientes:

#### **6.2.2.4.5 Observación**

La observación directa del fenómeno en estudio es una técnica bastante objetiva de recolección; con ella puede obtenerse información aun cuando no existía el deseo de proporcionarla y es independiente de la capacidad y veracidad de las personas a estudiar; por otra parte, como los hechos se estudian sin intermediarios, se evitan distorsiones de los mismos, sin embargo, debe cuidarse el entrenamiento del observador, para que la observación tenga validez científica.

#### **6.2.2.4.6 Toma de datos directa a partir de análisis de laboratorio**

Dentro de los datos tomados a partir de análisis de laboratorio tienen cierto carácter experimental y comprende la observación minuciosa y detallada de un fenómeno en un sitio especialmente previsto para hacer la observación. Es de vital importancia la correcta recopilación y ordenamiento de los datos producto de pruebas de laboratorio, para que al momento de ser analizados en busca de conclusiones, su interpretación sea la más correcta y obtener como resultado aseveraciones inequívocas, para lograr este objetivo se debió tener en consideración los siguientes lineamientos:

- Establecer previamente la correcta codificación de los datos para cuando se los obtenga saber de forma acertada a que muestra o análisis corresponde.
- Fijar la extensión de los datos a recoger, es decir que numero de muestras serán analizadas, a cuantas pruebas serán expuestas, cuantas tomas serán realizadas y cuantas repeticiones se realizaran de todo el procedimiento.

- Instituir de cuantas cifras significativas constaran cada uno de los valores matemáticos recopilados correspondiente a los datos.
- Tener en consideración el bajo que unidades de medición están siendo tomados los datos, porque únicamente se pueden cotejar valores tomados dentro de un mismo sistema de unidades.

## **6.3 Datos experimentales**

### **6.3.1 Diagnostico**

#### **6.3.1.1 Descripciones del proceso de curtición bajo un modelo de curtición tradicional con sales de cromo (III)**

En la actualidad dentro de la producción de cuero vacuno las sales de cromo (III) son consideradas el producto curtiente más importante, hoy en día mundialmente el 80% de todos los cueros se curten de bajo una formulación que incluye dichas sales<sup>13</sup>. Bajo un proceso de curtición tradicional el cromo que se fija a la piel únicamente representa a dos tercios<sup>14</sup>del peso total del cromo utilizado bajo la formulación inicial, el restante del curtiente se elimina en las aguas residuales que son eliminadas de los baños del curtido y que posteriormente acarrearán graves consecuencias ambientales al no ser tratadas de manera adecuada.

Dentro del proceso tradicional de curtición con sales de cromo la materia prima (piles ovinas de animales recién faenados) es acopiada de los principales mataderos, las mismas pasan por una etapa previa de salado para que evitar el deterioro de las características de la piel producido por el ataque bacteriano de la piel o la auto descomposición de la misma debido a su alta humedad. Posteriormente las pieles son clasificadas según la calidad de flor (parte externa de la piel), es decir por la presencia y

---

<sup>13</sup>UNNE, argentina 2013

<sup>14</sup>DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN LIMPIA Y CONSUMO SUSTENTABLE, Argentina 2010

cantidad de irregularidades o defectos dentro de la superficie de las mismas producidas por lastimaduras cicatrices, cortes, cicatrices por paracitos que atacaron al animal, entre otros. En base a la clasificación de cada piel es destinada a un tipo específico de cuero terminado que además guardara la calidad inicial de la piel. Una vez que se requiera de la piel para iniciar el proceso de curtido se realiza una etapa de remojo, la cual tiene como objetivos fundamentales:

- Rehidratar la piel.
- Eliminar las suciedades de la piel.

Para cumplir con los objetivos del remojo se utiliza principalmente agua en un 200% en relación al peso en bruto de la piel, a una temperatura de 20°C dentro de un fulon de curtido, se deja rodar por un lapso de tiempo entre 60 a 90 minutos. Una vez cumplido este tiempo de lavado se bota el baño, para posteriormente adicionar en el bombo junto a las pieles 200% de agua a una temperatura entre 20 y 22°C, junto a un tenso activo en una proporción del 0.5 a 1% y un bactericida en una proporción del 0.2%, se rueda el bombo durante tres horas, y se deja reposar las pieles sin botar baño durante 18 horas más. Posteriormente se bota el baño y se la piel pasa a la siguiente etapa.

#### **6.3.1.1.1 Pelambre y calero**

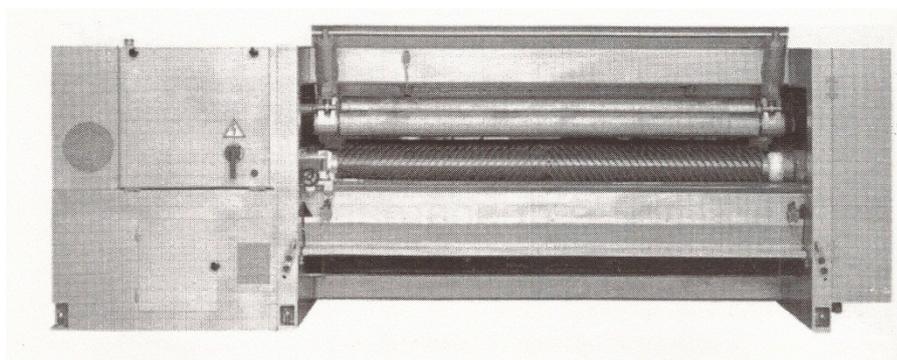
Una vez la piel esta hidratada y limpia por el remojo el siguiente paso es el pelambre. El pelambre es una hidrólisis química que provoca el hinchamiento de la piel y hace que se desprenda el pelo, y se descomponga.

Para lograr este fin se utiliza el sulfuro sódico como agente depilante. Como primera fase de esta etapa se adiciona entre 50 y 200% de agua a 20°C en relación al peso de la piel remojada, adicionalmente se utiliza en el mismo baño 2% de sulfuro de sodio o sulfhidrato de sodio más 2% de hidróxido de calcio y un 1% de enzimas comerciales de pelambre. Se deja rodar el bombo por un lapso de tiempo de 1 hora. Posteriormente y sin botar el baño se adiciona 1% de sulfuro de sodio más 1% de hidróxido de calcio,

dejando rodar el bombo por 2 horas. Luego de ese lapso de tiempo y en el mismo baño se adiciona 1% de hidróxido de calcio, se deja rodar por 1 hora más, se para el bombo y se deja reposar sin botar baño durante 20 horas, procurando redar el bombo 5 minutos cada hora. Luego de las 20 horas de reposo se rueda el bombo por 5 minutos y se bota el baño recogiendo las pieles ya pelambradas

#### **6.3.1.1.2 Descarnado**

El principal objetivo de esta operación es la limpieza de la piel eliminando el tejido subcutáneo y adiposo. Dichos tejidos deben quitarse en las primeras etapas de la fabricación con el fin de facilitar la penetración de los productos químicos aplicados en fases posteriores y tener un espesor la más regular posible para la adecuada realización de las operaciones posteriores. Para realizar esta operación mecánica se utiliza una descarnadora la misma que posee un cilindro de cuchillas en forma de tornillo sin fin que según el espesor programado raspan la parte de la carne (parte interna de la piel) y eliminan los residuos de tejido muscular y adiposo restantes del faenamamiento. En la imagen 18 se muestra una vista frontal de una divididora notándose las cuchillas cilíndricas.



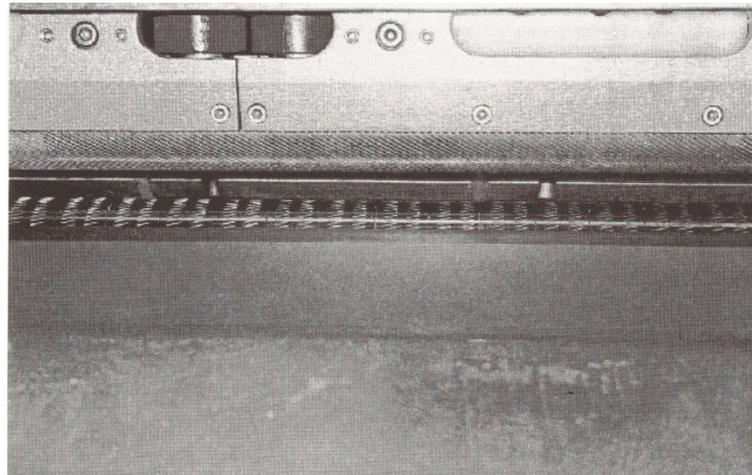
**FIGURA 18.** Vista frontal de una divididora.

Con el descarnado se obtiene la carnaza, que es un subproducto que contiene proteínas y grasas (en mayor cantidad en el caso de pieles de cordero). Para recuperar y aprovechar

las grasas se tiene que prensar la carnaza en caliente. Los restos proteínicos se trituran y secan para utilizarlos para piensos, abonos, etc.

#### **6.3.1.1.3 Dividido**

La operación de dividir se basa en seccionar la piel, la misma que dentro de la maquina divididora es apoyada entre dos cilindros y mediante una cuchilla en forma de cinta sin-fin, que se mueve en un plano paralelo al lado de flor y al lado de carne cortando la piel y separando estas dos secciones de la misma. En la figura 19 se muestra el conjunto cilindro-cuchillo que permite dividir la piel.



**FIGURA 19.**Conjunto cilindros-cuchilla dentro de una divididora.

La parte de piel que queda entre la cuchilla y la flor es la que será utilizada para la elaboración del cuero terminado, y la parte entre la cuchilla y la carne es el cerraje, que según su grosor puede ser más o menos aprovechable.

#### **6.3.1.1.4 Desencalado y rendido**

El desencalado es la operación para para eliminar la cal y productos alcalinos del interior de la piel, y por lo tanto disminuir el hinchamiento alcalino de la piel apelmabrada causada por el hidróxido de calcio y el sulfuro de sodio.

El objeto del rendido es lograr por medio de enzimas proteolíticas un aflojamiento y ligera peptización de la estructura del colágeno, al mismo tiempo que se produce una limpieza de la piel de grasas, proteínas no fibrosas. Además las enzimas proteolíticas tienen una acción de degradación interna de las fibras de colágeno, debilitando la estructura de la piel de tal manera que se elimina la histéresis del hinchamiento.

Para lograr un correcto desenchalado y rendido se deben realizar las siguientes operaciones:

Primero se realiza un baño en bombo de curtido con 200 a 600% de agua a 35°C en función al peso de la piel descarnada y dividida. Se adiciona en el mismo bombo entre 1 a 3% de producto desenchalante comercial, se rueda entre 1 a tres horas hasta lograr un pH de 8-8,5 medido con fenolftaleína como indicador. Una vez alcanzado este valor de pH se adiciona sin botar baño 1% de enzimas de rendido y se rueda entre 30 minutos a 1 hora. Se adiciona en el mismo bombo 1-2% de tensoactivo y se rueda entre 30 minutos a una hora. Posteriormente se bota el baño y se lava en el bombo durante 30 minutos con 200% de agua a 20°C, se recoge la piel y se pasa a la siguiente etapa

#### **6.3.1.1.5 Desengrase**

La necesidad del desengrase viene dada por los inconvenientes que reporta su presencia durante el proceso de fabricación y sobre todo por la calidad deficiente que se obtiene en el cuero terminado.

Los motivos por los que la grasa dificulta la fabricación correcta del cuero pueden agruparse en los siguientes aspectos fundamentales:

- La grasa dificulta la reacción de cualquier producto con la fibra de la piel y su penetración. La grasa no es miscible con agua y por consiguiente, la grasa que

rodea las fibras impide la penetración del producto en disolución acuosa. Incluso impide la penetración del agua hasta la micro-estructura del colágeno durante el remojo de la piel, con lo cual aparecerán zonas de la piel en las que ningún proceso se habrá realizado correctamente, apareciendo un tacto duro, tinturas poco igualadas y poca penetración, etc.

- La presencia de grasa puede provocar la aparición de manchas oscuras debido a la menor reflexión de la luz en las zonas húmedas por grasa, aparición de eflorescencias grasa debido a la migración de los ácidos grasos saturados, sólidos a temperatura ambiente; irregularidades en el brillo y aspecto de la piel acabada, por mateado, y por último tacto graso superficial.
- Existe también la posibilidad de que la grasa reaccione con los productos empleados en la fabricación provocando irregularidades. Se pueden formar manchas más o menos violetas de jabones de cromo por reacción de los ácidos grasos y el cromo.

El desengrase de las piletas bovinas se realiza añadiendo más tenso activos en el remojo, en el pelambre, rendido, en el piquel y curtación al cromo, y realizando una rehumectación en el Wet-Blue (cuero curtido con cromo sin terminar) con tensoactivos desengrasantes.

Lo ideal es ir repartiendo los tensoactivos en los diferentes procesos. El desengrase es más eficaz si se añaden los tensoactivos al final del pelambre a una temperatura de 25°C, en el rendido con una temperatura de 35°C o bien realizando la rehumectación a 40°C. Es más fácil emulsionar la grasa en caliente que en frío.

#### **6.3.1.1.6 Piquel**

El piquel se puede considerar como un complemento del descalcado e interrupción definitiva del efecto enzimático del rendido; además se prepara la piel para la posterior operación de curtición. Si se curte con extractos vegetales, normalmente la

operación de piquel no se hace tan necesaria. En las operaciones de desencalado y rendido no se elimina toda la cal que la piel absorbe en el pelambre y calero. Al pH final del desencalado 8,3 se ha eliminado la cal no combinada que se encuentra en los líquidos interfibrilares de la piel, pero no todo el álcali que está combinado con el colágeno. En el proceso de piquel se trata la piel desencalada y rendida con productos ácidos que incorporan a la piel una importante cantidad de ácido y al mismo tiempo al bajar el pH hasta un valor de 3-3,5 se logra eliminar totalmente el álcali de la piel, incluso el combinado.

#### **6.3.1.1.7 Curtición al cromo**

La finalidad de la curtición es estabilizar la proteína frente a la descomposición bacteriana y a los agentes externos, mediante la reacción de productos poli funcionales de peso molecular compuestos por cromo con los grupos COOH de la proteína del colágeno. Se utilizan productos poli funcionales por su capacidad de reaccionar con más de una molécula de colágeno. Al producirse la reacción entre el agente curtiente y el colágeno de la piel se genera un compuesto órgano-cromado el mismo que resiste a la descomposición bacteriana o a autólisis enzimática produciendo que la piel susceptible a putrefacción en cuero.

Para la etapa de curtición normal con sales de cromo se parte de pieles desencaladas, rendidas, piqueladas desengrasadas y lavadas con un pH=7,5, y en base al peso de las mismas se realiza los cálculos para determinar qué cantidad de reactivos serán necesarias adicionar. Primeramente se rueda las pieles en bombos de curtido con 60% de agua a temperatura ambiente más 8% de sal durante 15 minutos, hasta llegar a un valor en grados Baumé menor o igual a 6. Posteriormente en el mismo baño se adiciona 0,3% de ácido sulfúrico diluido 1:10, repartido en tres partes con un lapso de 15 minutos cada una. A continuación se adiciona 1,5% de ácido fórmico diluido 1:5 y se deja rodar el bombo durante un lapso de tiempo de 1 a 4 horas, hasta llegar a un pH de 3,5 que es valor óptimo para que el cromo pueda penetrar a lo ancho de la piel. Una vez que las piles se encuentren a un valor de pH igual a 3,5 procedemos en el mismo baño a

adicionar 8% de la sal de cromo con una basicidad preferentemente igual a 33% y se deja rodar el bombo durante 2 horas, posteriormente se adiciona 1% de enmascarante comercial y se deja rodar durante una hora más sin botar baño.

A continuación se adiciona 1,2% de carbonato de sodio dividido en 4 partes y con lapso de 30 minutos cada una, se deja rodar el bombo durante 4 horas más y se deja reposar sin botar baño durante una noche. Posteriormente la piel se encontrara en un valor de pH igual a 3,7 o 3,8. Se bota baño y se lava con 200% de agua a temperatura ambiente, durante 30 minutos. Luego se bota el baño, se recogen el cuero en forma de Wet-Blue, se percha y se deja reposar un día.

#### **6.3.1.1.8 Rebajado o raspado**

Una vez obtenido el Wet-Blue se procede al rebajado, que consiste en bajar el espesor del cuero hasta el deseado o igualar el calibre (espesor) por toda la superficie de la piel. Para esto se utiliza la raspadora o rebajadora, la misma que con la ayuda de una cuchilla cilindra en forma de tornillo sin fin raspa la parte de la carne del cuero bajando su espesor hasta llegar al calibre deseado dependiendo de las especificaciones que se requieren para el producto terminado.

#### **6.3.1.1.9 Neutralización**

El objetivo principal de la neutralización es eliminar los ácidos fuertes que contiene la piel principalmente el ácido sulfúrico, con el fin de eliminar el riesgo de hidrólisis lenta de la proteína piel, con la consiguiente pérdida de resistencia, puesto que en el caso del ácido sulfúrico estamos delante de un ácido de acción fuerte, deshidratante y oxidante y por lo tanto muy corrosivo. Éste ácido está en la piel, o bien por el piquelado y la hidrólisis de la sal de cromo, o únicamente por la hidrólisis del sulfato de cromo de la curtición.

Objetivo secundario, pero no por ello menos importantes, son la subida del pH de la piel con lo que se disminuye su carga catiónica, facilitando la penetración de los productos aniónicos que generalmente se añaden posteriormente.

Para lograr una correcta neutralización se realiza el conjunto de las siguientes operaciones dentro de esta etapa. En bombo de recurtido se adiciona al Wet-Blue 200% de agua más 0,3% de ácido acético y 0,3 % de tensoactivo para re humectarlo, y se rueda durante un lapso de tiempo entre 30 a 60 minutos hasta llegar a un pH de 4. Posteriormente se bota el baño, se recoge las piles en Wet-Blue y se adiciona 100% de agua a 30°C con de formiato de sodio disuelto 1:3. Se rueda 30 minutos y sin botar baño se adiciona 1% de una suspensión de bicarbonato de sodio disuelto en agua 1:10, más 1,5% de recurtiente neutralizante comercial durante 1 hora o hasta que el pH del Wet-Blue llegue hasta pH igual a 6, posteriormente se bota baño y se lava con 200% de agua durante 30 minutos. Al finalizar este lapso de tiempo se bota baño y se perchan las pieles.

#### **6.3.1.1.10 Recurtición**

La recurtición del cuero curtido es el post tratamiento del Wet-Blue con una serie de productos que pueden emplearse en distintas fases de la fabricación, a fin de modificar las características que el agente curtiente confieren a la piel.

La modificación parcial del carácter del cuero, viene determinada generalmente por dos motivos fundamentales a saber:

- Obtener pieles o cueros con determinadas características, en función del artículo que el mercado pide, o el curtidor piensa ofrecer, o bien mejorar la calidad del artículo en función de la piel empleada.
- Si la curtición utilizada fuera capaz de cumplir con todos los requisitos del mercado del cuero terminado, a partir de cualquier tipo de piel, hecho que se da

en algunos casos, no existirá en el mercado la variedad de productos aptos para la recurtición del cuero al cromo.

Para realizar la operación de recurtición se debe iniciar con un baño de 130 a 180% de agua a 35°C en un bombo de recurtición en base al peso del cuero rebajado y húmedo, a este baño se adiciona ácido fórmico en un 1% mas tensoactivo no iónico en un 0,3% y se rueda el bombo durante un lapso de tiempo entre 30 a 60 minutos hasta la re humectación del cuero. Posteriormente se bota el baño y se enjuaga con 200% de agua durante 20 minutos. De inmediato se realiza un nuevo baño con 100% de agua a 40°C y 0,1% de ácido fórmico, se rueda el bombo entre 10 a 15 minutos hasta llegar a pH 4, posteriormente se adiciona sin botar baño 5% de sales de cromo y cromo orgánico mezclados en iguales proporciones y se rueda durante 4 horas. Posteriormente se bota baño, se escurren los cueros y se lavan con 200% de agua acidulada de pH menor a 4 con ácido fórmico o acético durante 20 minutos, posteriormente se vacía el bombo, se recogen las pieles y realiza un nuevo neutralizado.

#### **6.3.1.1.11 Tintura o teñido**

El cuero posteriormente a la etapa del curtido y recurtido tiene una coloración azul característico del wet-blue en cueros tratados con cromo, o beige tenue en el caso de ser curtido con taninos vegetales, es por esto que la principal finalidad que se busca con la aplicación esta operación dentro del proceso del curtido es aplicar un color específico de fondo al cuero que facilite el posterior pintado del mismo. Para esto se aplican anilinas de carácter químico similar a las aplicadas en la industria textil, dichas anilinas atraviesan la piel y se fijan de manera homogénea por toda la superficie del cuero dando un color uniforme de fondo según el tipo de cuero que se quiera elaborar.

El en si teñido consiste en un conjunto de operaciones cuyo finalidad es conferirle al cuero determinada coloración, ya sea superficialmente, en parte del espesor o en todo el espesor para mejorar su apariencia, adaptarlo a la moda e incrementar su valor.

Para realizar el teñido dewet-blue recurtido y neutralizado primeramente se prepara un baño en bombo de recurtido con 30% de agua a 35°C más 1% de agente dispersante auxiliar comercial y 1% de amoniaco, se rueda el bombo durante 15 minutos, posteriormente se adiciona los colorantes o anilinas de penetración según el color que se desee obtener en un 4% en el mismo baño y se rueda por un lapso de 1 a 2 horas hasta penetración. A continuación se adiciona 150% de agua a 60°C y se rueda durante 10 minutos. Una vez cumplido este lapso de tiempo se adiciona las anilinas de superficie disueltas en una solución de ácido fórmico 1:5 y se rueda el bombo durante 20 minutos. Posteriormente y sin botar baño se adiciona 5% de grasas catiónicas emulsionadas y se rueda el bombo durante 45 minutos, cumplido este tiempo se adiciona en el mismo baño 1% de ácido fórmico y se rueda durante 15 minutos, luego se adiciona nuevamente 1% de ácido fórmico y se rueda durante 30 minutos logrando que el cuero llegue a un pH de 3.6 a 3.7. Logrado este valor de pH se bota baño y se lava con 200% de agua a temperatura ambiente, se descarga el bombo se perchan las pieles una sobre otra con la flor hacia arriba y se deja reposar durante una noche.

#### **6.3.1.1.12 Engrase**

El objetivo del engrase es evitar que cuando el cuero se seque, quede duro y por lo tanto debe hacer un efecto parecido al agua que contiene cuando está mojado.

Basándonos en esta premisa parece lógico pensar que la misión principal del engrase es mantener las fibras separadas para evitar que las mismas se endurezcan, aun cuando el cuero haya perdido el agua que las separaba durante el secado. La grasa debe pues substituir al agua de la piel mojada en la piel seca.

Una segunda misión de aplicación del engrase es que por medio de las grasas adicionales al cuero lubricar las fibras, como podría realizarse en un rodamiento a fin de que se puedan desplazar más libremente y dar pieles más blandas. Para el proceso de engrase del cuero previamente tinturado se sigue la siguiente secuencia de sub-etapas:

Partiendo del peso total de las pieles neutralizadas, teñidas y lavadas a engrasar y en un bombo de recurtido se aplica 150% de agua a 45°C más 6% de emulsión de grasa comercial diluida 1:10 en agua a 70°C y se rueda 45 minutos, inmediatamente y en el mismo baño se adiciona 0.5% de ácido fórmico y se rueda durante 20 minutos, una vez terminado este lapso de tiempo se bota el baño y se lava nuevo con 200% de agua a temperatura ambiente durante 30 minutos. Posteriormente se vacía el bombo, se recogen las piles y se apilan dejándolas reposar durante una noche.

#### **6.3.1.1.13 Acabado**

El acabado del cuero es un conjunto de operaciones que se realizan después de la tintura, engrase y secado.

Los objetivos del acabado son aumentar las propiedades del material curtido. Incrementar la protección frente a la humedad y a la suciedad, mejorando a su vez, el aspecto de la piel cubriendo los defectos producidos en las operaciones previas del proceso de fabricación, así como aumentar las resistencias y solideces exigidas para cada artículo. Con el acabado se puede conferir al cuero unas determinadas características tales como: coloración, tacto, uniformidad, brillo, solidez, duración y elegancia, resaltando su belleza natural.

El acabado de la piel consiste en la aplicación sobre la superficie del cuero de una mezcla de sustancias de naturaleza química variada, que mediante su secado, forman una película más o menos sutil, más o menos transparente, más elástica o más dura según el artículo que se desea.

Cuando se quiere realizar un acabado se deben tener en cuenta varios factores:

- De que cuero se parte
- El tipo de artículo que se quiere obtener

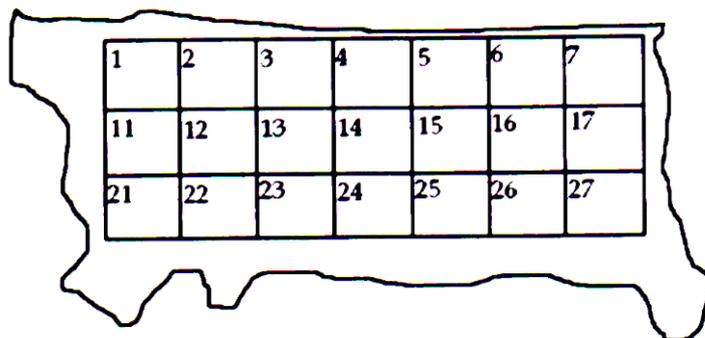
- El aspecto que debe tener el cuero
- Las características técnicas que la normativa exige para cada artículo.
- Conocer bien los productos que intervienen en un acabado para conseguir las características deseadas para cada artículo.
- Conocer bien la maquinaria disponible para realizar las operaciones de acabado.
- Conocer los sistemas operativos, así como los distintos tipos de acabados y sus características.

Es por este conjunto de razones que existen diversos tipos de acabado enlistados a continuación:

- **Acabado anilina:** Acabado transparente realizado con colorantes o anilinas, con la finalidad de igualar los teñidos hechos en bombo. El acabado anilina se distingue de los demás debido a la ausencia de pigmentos de cobertura y por permitir la fácil integridad de la flor.
- **Acabado semi-anilina:** Curtido teñido con anilina y al que se ha aplicado una capa de pigmentos tan ligera, que no oculta sus características naturales.
- **Acabado a base de agua:** Acabado hecho con pigmento o anilina teniendo como solvente el agua.
- **Acabado a base de nitrocelulosa:** Pintura de cobertura nitrocelulósica también llamada pintura coloidal, normalmente insoluble en agua. Preparada con solventes orgánicos, se emplean preferentemente como lacas nitrocelulósicas con diferentes porcentajes de sólidos. El film formado por la nitrocelulosa es aplicado como principal componente, sobre todo como lustre o top final.
- **Acabado mate:** Acabado caracterizado por no presentar brillo en el top final.

- **Acabado lustrable:**Acabado susceptible al lustrado. Esto es acabado que puede ser lustrado o pulido. En este tipo de acabado se usan productos que necesitan ser resistentes y producir brillo.
- **Acabado plástico:**Acabados donde se usan productos de características termoplásticas. Acabados que se efectúan con placas lisas o de grabados. Los ligantes de polímeros termoplásticos no se pueden lustrar salvo raras excepciones porque se funden por la acción de la presión y del calor tornándose pegajosos y con un toque plastificado modificando el toque natural del acabado. Acabados fuertemente pigmentados normalmente que presentan un aspecto muy plástico.
- **Acabado con pigmentos:** Curtido a cuya superficie se ha aplicado una o más capas de productos que contienen pigmentos en suspensión.
- **Acabado con resinas:** Curtido al que se ha aplicado una o más capas de productos que con, tienen un polímero, generalmente una resina sintética termoplástica.
- **Acabado por la flor:**Curtido que tiene la capa flor corregida o no y ha sido acabado por dicho lado.

### 6.3.2 Datos



**FIGURA 20.** Localización de la toma de muestra.

**TABLA 8:** Variación topográfica de la concentración de algunos componentes químicos del cuero según un estudio del National Bureau of Standards.

<b>Toma de muestra</b>	<b>piel (%)</b>	<b>Cenizas totales (%)</b>	<b>Grasa (%)</b>	<b>Humedad (%)</b>	<b>pH</b>	<b>Relación humedad/piel</b>
1	42,4	2,85	30,7	10,4	3,0	0,245
2	46,2	2,98	27,8	10,9	3,0	0.236
3	48,7	3,10	26,5	11,2	3,0	0,230
4	49,4	3,12	26,4	11,2	3,0	0,227
5	49,4	3,15	26,1	11,2	3,0	0,227
6	52,1	3,30	22,7	11,7	3,0	0.225
7	52,2	3,32	20,9	11,8	3,0	0,226
11	45,4	2,92	29,3	10,5	3,0	0,231
12	47,1	2,92	28,4	10,7	3,0	0.227
13	48,6	3,00	27,2	10,9	3,0	0,223
14	47,3	3,00	28,7	10,6	3,0	0,223
15	46,6	2,95	29,0	10,5	3,0	0,225
16	50,2	3,12	25,4	11,2	3,0	0,223
17	48,6	3,15	25,2	11,1	3,0	0,228
21	42,1	2,68	33,2	9,7	3,0	0,230
22	42,9	2,72	32,4	10,0	3,0	0,233
23	45,6	2,78	30,9	10,2	3,0	0.224
24	44,2	2,70	31,8	9,8	3,0	0,222
25	43,5	2,72	32,3	9,7	3,0	0.223
26	41,8	2,75	33,2	9,4	3,0	0.225
27	44,3	2,85	31,4	9,9	3,0	0,223
<b>CV, %</b>	<b>6,8</b>	<b>6,6</b>	<b>12,0</b>	<b>6,4</b>	<b>0,0</b>	<b>2,4</b>

**Fuente:** ANÁLISIS Y ENSAYOS EN LA INDUSTRIA DEL CURTIDO. Font J. Valles. 2004

**CUADRO5:** Análisis cuantitativo de taninos en la harina de vaina de guarango y en los extractos tánicos utilizando el método de Folin -Ciolcateu, expresado en 100 g de muestra seca.

<b>HARINA</b>		<b>EXTRACTO</b>	
Gramos ácido tánico 100 gMS	Gramos ácido gálico 100 gMS	Gramos ácido tánico 100 gMS	Gramos ácido gálico 100 gMS
51,7105	22,024	54,9605	23,0525

**Fuente:** Cortes, S. 2012

**TABLA 9:** Resumen de las resistencias físicas tomadas a 50 muestras de cuero curtido al cromo

<b>PROPIEDAD FÍSICA</b>	<b>VALOR MÍNIMO SEGÚN LA NORMATIVA</b>	<b>PROMEDIO DE LOS CUEROS ANALIZADOS</b>	<b>DESVIACIÓN ESTÁNDAR</b>
Espesor (mm)	---	2,03	0,23
Resistencia a la tracción (kg/mm <sup>2</sup> )	3.0	2,51	0,95
Resistencia al desgarro (kg/mm)	4.0	11,2	4,3
Porcentaje de elongación	80	66	13

**Fuente:** PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL CUERO PARA CALZADO DE SEGURIDAD, Paulina Silva

**CUADRO6:** Valoración del impacto ambiental producido por el proceso de curtido con cromo.

<b>COMPONENTES</b>	<b>FACTORES</b>	<b>VALOR DE IMPACTO</b>	<b>PORCENTAJE DE AFECTACIÓN</b>
Recurso aire	Calidad de aire (gases de combustión, MP, olores)	-15,00	-9,7%
	Nivel de ruido y vibraciones	-0,40	-0,3%
Recurso agua	Calidad de agua (generación de efluentes)	-30,00	-19,3%
Recurso suelo	Calidad de suelo	-4,00	-2,6%
Desechos	Generación de desechos sólidos	-12,00	-7,7%
Proceso Geo-morfodinámico	Erosión	-4,00	-2,6%
	Geomorfología	-4,00	-2,6%
	Inestabilidad	-4,00	-2,6%
Medio biótico	Flora	-1,50	-1,0%
	Fauna	-4,00	-2,6%
	Ecosistemas	-4,00	-2,6%
Socioeconómico	Actividades comerciales	24,00	15,4%
	Empleo	25,00	16,1%
	Aspectos Paisajísticos	-5,00	-3,2%
	Riesgos a la población	-4,00	-2,6%
	Servicios básicos	-2,00	-1,3%
	Calidad de vida de las comunidades	0,50	0,3%
	Salud Ocupacional y seguridad laboral	-12,00	-7,7%
<b>Impacto total</b>		<b>-56,40</b>	
<b>Porcentaje del impacto</b>		<b>-36,3%</b>	

**Fuente:** ESTUDIO DE LOS POTENCIALES IMPACTOS AMBIENTALES EN EL SECTOR PRODUCTIVO. Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2012.

**CUADRO 7:** Valoración del impacto ambiental producido por el proceso de curtido con extractos vegetales.

COMPONENTES	FACTORES	VALOR DE IMPACTO	PORCENTAJE DE AFECTACIÓN
Recurso aire	Calidad de aire (gases de combustión, MP, olores)	-12,00	-6,6%
	Nivel de ruido y vibraciones	-4,00	-2,2%
Recurso agua	Calidad de agua (generación de efluentes)	-35,00	-19,2%
Recurso suelo	Calidad de suelo	-10,00	-5,5%
Desechos	Generación de desechos sólidos	-20,00	-11,0%
Proceso Geo-morfodinámico	Erosión	-0,35	-0,2%
	Geomorfología	-0,35	-0,2%
	Inestabilidad	-0,35	-0,2%
Medio biótico	Flora	-0,35	-0,2%
	Fauna	-0,40	-0,2%
	Ecosistemas	-0,40	-0,2%
Socioeconómico	Actividades comerciales	35,00	19,2%
	Empleo	24,00	13,2%
	Aspectos Paisajísticos	-0,40	-0,2%
	Riesgos a la población	-0,40	-0,2%
	Servicios básicos	-0,40	-0,2%
	Calidad de vida de las comunidades	20,00	11,0%
	Salud Ocupacional y seguridad laboral	-19,00	-10,4%
<b>Impacto total</b>		<b>-24,40</b>	
<b>Porcentaje del impacto</b>		<b>-13,4%</b>	

**Fuente:** ESTUDIO DE LOS POTENCIALES IMPACTOS AMBIENTALES EN EL SECTOR PRODUCTIVO. Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2012.

**TABLA 10:** Capacidad de los bombos y potencia del motor

<b>Diámetro (m)</b>	<b>Volumen (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Volumen útil (m<sup>3</sup>)</b>	<b>kg de piel vacuna</b>			<b>Potencia (kw)</b>
			100% H <sub>2</sub> O	150% H <sub>2</sub> O	200% H <sub>2</sub> O	
2	6,28	2,83	1400	1150	950	5-8
25	12,27	5,52	2750	2200	1850	6-15
3	21,21	954	4750	3800	3200	9-25
3,5	33,67	15,15	7600	6050	5050	15-35
4	50,27	22,62	11300	9050	7550	20-45
4,5	71,57	32,21	16100	12900	10750	30-65

**FUENTE:** TECNOLOGÍA DE LA CURTICIÓN, Cordero B. 2012

# Capitolo III

## 7. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

El diseño de proceso por definición implica la elección y ordenamiento de la secuencia de transformaciones físicas y/o químicas aplicadas a un conjunto pre-establecido de materias primas e insumos a fin de obtener un producto de mayor valor o utilidad del que tenían inicialmente los materiales de los que se partió. Paralelamente y definiendo lo que significa un proceso se puede decir que es una secuencia de operaciones que transforman los materiales de entrada en producto de salida. Resultado de la implementación de una tecnología derivada de las características de los materiales iniciales y de las características esperadas en el producto.

Dentro del análisis de los factores que se consideran para el correcto diseño y dimensionamiento del procesose debe empezar por delimitar las características del producto a elaborar, y muy importante además las características de las materias primas de las que se parte y los insumos aplicables. Iniciando con la caracterización de las materias primas y muy importante dentro de este estudio la formulación para la aplicación de los insumos, como es el caso de los extractos tánicos como agente curtiente objetivo que se persigue dentro de la presente investigación, se debe tomar en consideración de todas las alternativas existentes y aplicables que brinden el mismo fin cual es la más óptima, es decir, cual implique menores costos energéticos, de mano de obra y económicos para obtener en un intervalo de tiempo aceptable productos que cumplan las características deseadas con resultados estandarizados.

Es así que se consideró como principal lineamiento a seguir la inclusión de los extractos tánicos y gálicos de la harina de guarango como agente curtiente para el diseño de la etapa de curtición, tomando como base un modelo de curtición general con extractos vegetales obteniendo cuero para calzado como producto principal, modificando las diversas etapas que divergen de un curtido vegetal y adicionando las operaciones que mejoraran y potencian la acción del guarango sobre las pieles como agente curtiente y que proporcionan al mismo características que los extractos del guarango le confieren al

producto terminado y que son superiores frente a la utilización sales de cromo y a los restantes curtientes vegetales.

Para el correcto diseño de proceso de la etapa de curtido con los extractos de la harina de guarango se debió prestar importante atención a la operación de curtido estrictamente dicha, es decir la sub-etapa dentro de la curtición en donde se adiciona el extracto vegetal a el fulón con las pieles para convertirlas en cuero. Para esto se consideró el pH optimo que previamente deben tener las pieles para facilitar que los extractos penetren y reaccionen dentro de la piel, además la correcta temperatura en la que debe ejecutarse la operación de reacción piel-agente curtiente, la velocidad de rodamiento del bombo o fulón, adición y proporción de productos auxiliares de curtición, cantidad y temperatura de agua a emplearse para el baño, determinación del correcto tiempo de rodaje del bombo para penetración total, solubilidad de los extractos y características deseadas del cuero.

## **7.1 Cálculos**

### **7.1.1 Calculo de las cantidades de insumo necesarias para el curtido.**

Partiendo de las pieles previamente pelambradas, descarnadas, divididas, rendidas y piqueladas se procedido a la etapa de curtición, habiendo diseñado y formulado la etapa de curtido tomando como base un modelo de curtición vegetal existente en la bibliografía, se calculó los pesos requeridos de cada uno de los insumos utilizados, incluyendo el extracto del guarango objetivo principal de la investigación.

Los cálculos fueron realizados en base al peso de las pieles preparadas para la curtición, las mismas que tuvieron un peso total de 90 kg (15 kg de peso promedio por piel) bajo un calibre de dividido de 2.0 mm, es decir que el espesor final de la piel después del descarnado y dividido fue de 2.0 mm y con el cual se trabajó para el curtido.

### 7.1.1.1 Cálculo de la cantidad requerida de agua

Dentro del diseño antes expuesto y aplicado en el laboratorio a pequeña escala se utilizó 40% de agua como baño inicial. Para lo que se aplicó la siguiente relación matemática:

$$Peso_{H_2O} = \frac{Peso_p * \%f_{H_2O}}{100}$$

Dónde:

$Peso_{H_2O}$  = Peso de agua requerida para el baño (kg).

$Peso_p$  = Peso de las pieles preparadas para curtido vegetal (kg).

$\%f_{H_2O}$  = Porcentaje del agua requerido según la formulación.

Es así que conociendo que el peso total de las pieles es 90kg y que el porcentaje del agua a utilizar es 40 desarrollándose la ecuación propuesta se obtiene:

$$Peso_{H_2O} = \frac{90kg * 40}{100}$$

$$Peso_{H_2O} = 36kg$$

### 7.1.1.2 Cálculo de la cantidad requerida de sintético dispersante

Al baño además se aplica un 2% de sintético dispersante, el mismo que tiene como función principales cambiar de carga eléctrica de la superficie de la piel para los agentes curtientes no reaccionen violentamente con esta zona y logren ingresar al interior de la

piel y curtirla por completo, para calcular la cantidad requerida se utilizó la siguiente relación

$$Peso_{sd} = \frac{Peso_p * \%f_{sd}}{100}$$

Dónde:

$Peso_{sd}$  = Peso del sintético dispersante requerido (kg).

$Peso_p$  = Peso de las pieles preparadas para curtido vegetal (kg).

$\%f_{H_2O}$  = Porcentaje del sintético dispersante requerido según la formulación.

Desarrollando la ecuación y reemplazando los datos conocidos se obtiene:

$$Peso_{sd} = \frac{90kg * 2}{100}$$

$$Peso_{sd} = 1.8kg$$

### 7.1.1.3 Cálculo de la cantidad requerida de sintético fenólico

El sintético fenólico tiene la característica de mejorar la fijación del agente curtiende a la piel. Dentro de la formulación se aplicó un 2% de dicho insumo es así que se utilizó la siguiente relación:

$$Peso_{sf} = \frac{Peso_p * \%f_{sf}}{100}$$

Dónde:

$Peso_{sf}$  = Peso del sintético fenólico requerido (kg).

$Peso_p$  = Peso de las pieles preparadas para curtido vegetal (kg).

$\%f_{H_2O}$  = Porcentaje del sintético fenólico requerido según la formulación.

Conociendo el valor de las restantes incógnitas despejamos el peso del sintético fenólico requerido:

$$Peso_{sf} = \frac{90kg * 2}{100}$$

$$Peso_{sf} = 1.8kg$$

#### 7.1.1.4 Cálculo de la cantidad requerida de aceite sulfitado

Para que las pieles logren una suavidad aceptable al tacto es necesario aplicar aceite auto-emulsionante, el mismo que lubrica las fibras de colágeno y le brinden la suavidad requerida, es por esto que dentro de la formulación se adiciono 0.5% de aceite sulfitado, para calcular en peso el requerimiento de este insumo se utilizó la siguiente relación:

$$Peso_{As} = \frac{Peso_p * \%f_{SF}}{100}$$

Dónde:

$Peso_{As}$  = Peso del sintético fenólico requerido (kg).

$Peso_p$  = Peso de las pieles preparadas para curtido vegetal (kg).

$\%f_{H_2O}$  = Porcentaje del sintético fenólico requerido según la formulación.

Reemplazando el valor del peso total de las pieles y el porcentaje requerido de dicho insumo obténenos lo siguiente:

$$Peso_{As} = \frac{90kg * 0.5}{100}$$

$$Peso_{As} = 0.45kg$$

#### 7.1.1.5 Cálculo de la cantidad requerida del extracto de guarango.

La introducción del extracto del guarango dentro de la etapa de curtición es en lo cual se fundamenta la presente investigación, para ello se utilizó un porcentaje de 6% en cuatro aplicaciones consecutivas con un lapso de separación de 2 horas entre cada aplicación, para lo que se utilizó la siguiente relación:

$$Peso_{Eg/A} = \frac{Peso_p * \%f_{Eg/A}}{100}$$

Dónde:

$Peso_{Eg/A}$  = Peso del extracto de guarango requerido por cada aplicación (kg).

$Peso_p$  = Peso total de las pieles preparadas para curtido vegetal (kg).

$\%f_{Eg/A}$  = Porcentaje del extracto de guarango requerido según la formulación por cada aplicación.

Teniendo el valor de las restantes incógnitas procedemos al cálculo como se indica:

$$Peso_{As} = \frac{90kg * 6\%}{100}$$

$$Peso_{As} = 5.4kg$$

Es decir que en cada aplicación del extracto de guarango como agente curtiente se utilizó 5.4kg del mismo, requiriéndose en total una cantidad igual a:

$$Peso_{EGT} = Peso_{EG/A} * n_A$$

Donde

$Peso_{EGT}$  = Peso total del extracto de guarango requerido.

$Peso_{EG/A}$  = Peso del extracto de guarango requerido por cada aplicación (kg).

$n_A$  = Numero de aplicaciones del extracto de guarango según la formulación

Por ende:

$$Peso_{EGT} = 5.4kg * 4$$

$$Peso_{EGT} = 21.6kg$$

#### 7.1.1.6 Cálculo de la cantidad requerida de sintético auxiliar acido

En la formulación utilizada se aplicó auxiliar sintético acido en un 1.5%, ya que dicho insumo ayuda a la penetración de los agentes curtientes y los fija en el interior de la piel. Para lo que se utilizó la siguiente relación matemática

$$Peso_{Sa} = \frac{Peso_p * \%f_{Sa}}{100}$$

Dónde:

$Peso_{Sa}$  = Peso de sintético auxiliar acido para el baño (kg).

$Peso_p$  = Peso de las pieles preparadas para curtido vegetal (kg).

$\%f_{Sa}$  = Porcentaje de sintético auxiliar acido requerido según la formulación.

Para obtener el valor del peso de este sintético desarrollamos la ecuación prevista con los datos conocidos como se muestra:

$$Peso_{H_2O} = \frac{90kg * 1.5}{100}$$

$$Peso_{H_2O} = 1.35kg$$

### **7.1.2 Cálculos para el dimensionamiento del bombo para la etapa de curtido**

Para realizar los cálculos estimativos se tomó como referencia la producción en condiciones normales de la curtiembre Tenería Días, en la misma que por cada lote de cueros producidos en promedio se procesan 100 pieles dentro de la etapa de curtido, con un promedio de peso por piel de 21 kg, es decir que por cada partida (termino referente a lote en curtiembre) se procesa un peso en piel total de 2100 kg, valor que tomaremos como base para los posteriores cálculos

Para dimensionar el diámetro del bombo se utilizó el cuadro 8, donde podemos encontrar los valores pre establecidos según el peso de pieles que se procesaran.

**CUADRO 8:** Dimensionamiento de los bombos en función al peso de pieles procesadas.

DIMENSIONES EXTERIORES Diámetro x Ancho (m)	VOLUMEN TOTAL (l)	CAPACIDAD DE TRABAJO						SUPERFICIE DE INSTALACIÓN
		REMOJO Y PELAMBRE		CURTICIÓN		RECURTICIÓN Y TEÑIDO		
		Carga (kg)	Potencia (HP)	Carga (kg)	Potencia (HP)	Carga (kg)	Potencia (HP)	
2,00 x 2,00	4,600	1,200	5,5	1,000	15	600	15	3,25 X 2,80
2,50 x 1,50	6,200	1,800	5,5	1,400	15	750	20	2,90 x 3,00
2,5 x 2,00	7,500	2,100	5,5	1,600	15	900	20	3,25 x 3,00
2,70 x 2,00	8,700	2,500	7,5	1,900	20	950	25	3,25x3,10
3,00 x 1,70	9,100	2,600	7,5	2,000	25	1,000	25	3,25 x 3,65
2,50 x 2,75	9,600	2,700	7,5	2,100	25	1,200	25	3,72 x 3,00
3,00 x 2,00	11,000	3,000	7,5	2,400	25	1,300	30	3,55x3,65
2,70 x 2,50	11,300	3,200	7,5	2,500	25	1,300	30	3,90 x 3,30
3,00 x 2,50	14,000	3,900	10	3,000	30	1,700	30	4,00 x 3,65
3,00 x 3,00	17,400	4,900	20	3,500	30	2,100	40	4,55x3,8
3,25 x 3,25	22,500	6,300	20	4,800	40	2,600	50	4,78 x 3,92
4,20 x 4,50	52,500	15,000	40	11,000	75	-	-	6,65 x 5,02
4,50x4,50	60,600	17,000	40	13,000	100	-	-	6,65x5,17

Fuente: TECNOLOGÍA DE LA CURTICIÓN. Cordero B.

Es así que obtuvimos los siguientes valores expresados en el cuadro 9 para las dimensiones del bombo para el curtido de pieles bovinas con extractos de guarango:

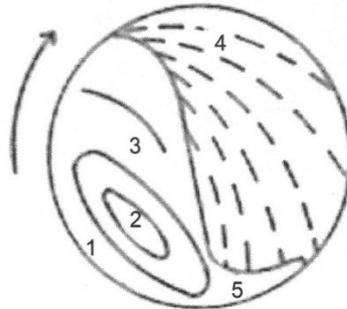
**Cuadro9:** Dimensionamiento del bombo para la etapa de curtido con una carga de 2100 kg de piel.

PARÁMETRO		UNIDADES	DIMENSIONES
Diámetro		M	2,50
Ancho		M	2,75
Volumen total		L	9,600
Potencia requerida del motor		HP	25
Superficie de instalación	Largo	M	3,72
	Ancho	M	3,00
Área de instalación		m <sup>2</sup>	11,16

**Fuente:** Autor

### 7.1.3 Cálculo del número de revoluciones del bombo en condiciones de operación normal (Nc) para el curtido

El número de revoluciones en operación normal a las que el bombo de curtido debe girar por minuto es la cantidad de ciclos que completa el bombo por cada minuto para lograr el efecto mecánico necesario en su interior generando una fuerza centrífuga que se iguale a la fuerza de la gravedad y producir así un movimiento óptimo como se indica en la figura 26



**FIGURA 21:** Movimiento del contenido del bombo de curtido en condiciones normales de operación.

Dónde:

- **Zona 1:** Zona en que se levanta el contenido del bombo.
- **Zona 2:** Zona de doblado con revoluciones inferiores al 54% del Nc.
- **Zona 3:** Por encima de esta zona vuelve el contenido del bombo a la zona 5.
- **Zona 4:** En zonas de revoluciones superiores al 54% de Nc, empieza a caer el contenido del bombo formando parábolas con una longitud máxima del 66% de Nc para acortarse de nuevo al sobrepasar este límite.
- **Zona 5:** Zona batiente, Zona de máxima energía mecánica.

Partiendo de la fórmula de la fuerza centrífuga:

$$F_z = m * w^2 * \frac{d}{2}$$

Dónde:

$F_z$  = Fuerza centrífuga

$m$  = Masa

$w$  = Velocidad angular

$d$  = Diámetro del bombo

Al despejar la masa del lado derecho de la ecuación, la misma nos queda de la igual a:

$$\frac{F_z}{m} = w^2 * \frac{d}{2}$$

Por ende el lado izquierdo de la ecuación se transforma en aceleración uniforme ( $a$ ), ya que:

$$F_z = ma$$

$$a = \frac{F_z}{m}$$

Reemplazando en la ecuación anterior:

$$a = w^2 * \frac{d}{2}$$

En vista de lo explicado al inicio de este literal conocemos que la aceleración dentro del bombo  $a$  debe ser igual a la aceleración de la gravedad ( $g$ ) por ende:

$$a = g$$

Reemplazando

$$g = w^2 * \frac{d}{2}$$

**ECUACIÓN 1:** Aceleración del bombo en condiciones de operación normal.

Para encontrar el número de revoluciones en condiciones de operación normal citamos la fórmula de la velocidad angular:

$$w = 2\pi * f$$

Dónde:

$w$  = Velocidad angular:

$f$  = Frecuencia del bombo (en revoluciones por minuto),

La frecuencia es el número de revoluciones que gira el bombo por minuto, por ende esta variable se la puede desglosar de la siguiente manera:

$$f = \frac{Nc}{min}$$

Conociendo el factor de conversión entre de minutos a segundos podemos deducir que

$$f = \frac{Nc}{60s}$$

Reemplazando la relación de  $f$  en la ecuación de la velocidad angular obtenemos

$$w = 2\pi * \frac{Nc}{60s}$$

$$w = \pi * \frac{Nc}{30s}$$

Ordenando obtenemos

$$w = \frac{\pi * Nc}{30s}$$

**ECUACIÓN 2:** Velocidad angular del bombo en función de Nc

De la ecuación 1 despejamos la velocidad angular

$$g = w^2 * \frac{d}{2}$$

$$w = \sqrt{\frac{2g}{d}}$$

Igualando la ecuación 1 con 2 obtenemos

$$\sqrt{\frac{2g}{d}} = \frac{\pi * Nc}{30s}$$

Despejando Nc obtenemos

$$Nc = \frac{30s}{\pi} \sqrt{\frac{2g}{d}}$$

Reemplazando los valores de las constantes  $g$  y  $\pi$  obtenemos

$$Nc = \frac{30s}{3,1416} \sqrt{\frac{2 * 9,8 \text{ m/s}^2}{d}}$$

Resolviendo las operaciones matemáticas llegamos a:

$$Nc = 9,55s \sqrt{\frac{19,64 \text{ m/s}^2}{d}}$$

$$Nc = 9,55s \frac{\sqrt{19,64 \text{ m/s}^2}}{\sqrt{d}}$$

$$Nc = \frac{9,55s * 4,44 m^{1/2}/s}{\sqrt{d}}$$

$$Nc = \frac{42,4m^{1/2}}{\sqrt{d}}$$

**ECUACIÓN 3:**Numero de revoluciones por minuto del bombo en condiciones de operación normal

Estableciendo previamente que para una carga de 100 pieles con un peso total de 2100 kg se requiere de un bombo cuyo diámetro sea igual a 2,50 metros, reemplazando este valor en la ecuación 3 obtenemos:

$$Nc = \frac{42,4m^{1/2}}{\sqrt{d}}$$

$$Nc = \frac{42,4m^{1/2}}{\sqrt{2.50m}}$$

$$Nc = \frac{42,4m^{1/2}}{2.50m^{1/2}}$$

$$Nc = 16,95$$

#### **7.1.4 Cálculo de las resistencias físicas del cuero**

##### **7.1.4.1 Determinaciones del área de las probetas**

Para cuantificar el área de las probetas en donde se aplicó el esfuerzo mecánico se debe medir con la ayuda de un calibrador el espesor de cada muestra, además de su ancho, obteniéndose los siguientes expresados en la tabla 11.

**TABLA 11:**Medición del ancho y espesor de las probetas para pruebas físicas

<b>NUMERO PROBETA</b>	<b>ANCHO TOTAL (mm)</b>	<b>ESPESOR (mm)</b>
1	20	2
2	20	2
3	19,8	1,8
4	19,65	2
5	19	2
6	20	1,9
7	21,4	1,9
8	21,8	2
9	19	1,93
10	20,7	1,8
11	19,65	2
12	19,65	2

**Fuente:** Autor

Para calcular el área de cada probeta utilizamos la siguiente relación matemática

$$A = W * T$$

Dónde:

$W$  =Ancho medio de la probeta expresada en milímetros

$T$  = Espesor medio de la probeta, en milímetros

Aplicando la ecuación descrita para las medidas de la primera probeta obtenemos los siguientes resultados

$$A = W * T$$

$$A = 20mm * 2mm$$

$$A = 40\text{mm}^2$$

Aplicando el mismo procedimiento matemático a las restantes probetas obtenemos los siguientes resultados expresados en la tabla 12:

**TABLA 12:**Área de aplicación del esfuerzo mecánico las probetas en distintas unidades

NUMERO PROBETA	ÁREA (mm <sup>2</sup> )	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	ÁREA (in <sup>2</sup> )
1	40	0,4	0,06200012
2	40	0,4	0,06200012
3	35,64	0,3564	0,05524211
4	39,3	0,393	0,06091512
5	38	0,38	0,05890012
6	38	0,38	0,05890012
7	40,66	0,4066	0,06302313
8	43,6	0,436	0,06758014
9	36,67	0,3667	0,05683861
10	37,26	0,3726	0,05775312
11	39,3	0,393	0,06091512
12	39,3	0,393	0,06091512

**Fuente:** Autor

#### 7.1.4.2 Cálculo del porcentaje de elongación

Previamente al cálculo del porcentaje de elongación debemos medir el largo inicial de las probetas, omitiendo la medida de la probeta que se encuentra sujeta a las mordazas, además por medio del deformímetro obtenemos el valor de la deformación a la ruptura, como se muestra en la tabla 13.

**TABLA 13:**Longitud inicial y deformación a la ruptura de las probetas

<b>NUMERO PROBETA</b>	<b>LONGITUD INICIAL (mm)</b>	<b>DEFORMACIÓN (mm)</b>
1	101	31,06
2	101	48,78
3	100	45,52
4	100	39,92
5	100	39,34
6	100	49,59
7	100	53,44
8	100	51,65
9	102	37,18
10	105,5	32,08
11	102,5	50,1
12	100	37,2

**Fuente:** Autor

Posteriormente se debió calcular la distancia la longitud a la ruptura para ello aplicamos la siguiente relación:

$$L_2 = L_0 + D_e$$

Dónde:

$L_2$  = Longitud a la ruptura de la probeta o longitud final

$L_0$  = Longitud inicial de la probeta

$D_e$  = Deformación de la probeta a la ruptura

Aplicando los datos de la primera probeta obtenemos

$$L_2 = L_0 + D_e$$

$$L_2 = 101mm + 31.06mm$$

$$L_2 = 132,06mm$$

Obteniéndose para las restantes probetas los valores que se presentan en tabla 14:

**TABLA 14:**Longitud final a la ruptura de las probetas

<b>NUMERO PROBETA</b>	<b>LONGITUD FINAL (mm)</b>
1	132,06
2	149,78
3	145,52
4	139,92
5	139,34
6	149,59
7	153,44
8	151,65
9	139,18
10	137,58
11	152,6
12	137,2

**Fuente:** Autor

Para el cálculo del porcentaje de elongación se parte de la siguiente ecuación

$$\%Elongacion = \left( \frac{L_2 - L_0}{L_0} \right) * 100$$

Dónde:

$L_2$  = Longitud a la ruptura de la probeta o longitud final

$L_0$  = Longitud inicial de la probeta

Reemplazando los valores de la primera probeta obtenemos

$$\%Elongacion = \left( \frac{132,06 - 101}{101} \right) * 100$$

$$\%Elongacion = \left( \frac{132,06mm - 101mm}{101mm} \right) * 100$$

$$\%Elongacion = (0,307) * 100$$

$$\%Elongacion = 30,7$$

Replicando el cálculo en las restantes probetas obtenemos los resultados expresados en la tabla 15.

**TABLA 15.** Porcentaje de elongación a la ruptura de las probetas.

<b>NUMERO PROBETA</b>	<b>% ELONGACIÓN</b>
1	30,75
2	48,30
3	45,52
4	39,92
5	39,34
6	49,59
7	53,44
8	51,65
9	36,45
10	30,41
11	48,88
12	37,20

**Fuente:** Autor

### 7.1.4.3 Cálculos de la resistencia a la tracción

Habiendo obtenido los datos de la carga máxima que soportaron las probetas antes de romperse, en kg, debemos primeramente transformar a de unidades a N, con el siguiente factor de conversión:

$$F_N = Carga_{kg} * G$$

Dónde:

$F_N$  = Fuerza máxima en Newton

$Carga_{kg}$  = Carga máxima en kilogramos registrada por el dinamómetro

$G$  = Constante de la gravedad

Reemplazando los valores para la primera probeta obtenemos

$$F_N = Carga_{kg} * g$$

$$F_N = 90,5kg * 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$F_N = 886,9 N$$

Aplicando el mismo cálculo para las restantes probetas los resultados denotados en la tabla 16.

**TABLA 16.**Carga máxima soportada por las probetas en diferentes unidades

<b>NUMERO PROBETA</b>	<b>CARGA MÁXIMA (kg)</b>	<b>FUERZAMÁXIMA (N)</b>
1	90,5	886,9
2	107,5	1053,5
3	110,7	1084,86
4	114	1117,2
5	129,5	1269,1
6	94,4	925,12
7	100,7	986,86
8	82,9	812,42
9	107,2	1050,56
10	96,7	947,66
11	110,7	1084,86
12	89,4	876,12

**Fuente:** Autor

En vista que dependiendo del artículo  $q$  se quiera confeccionar el espesor o calibre de los cueros es específico para cada producto, por ende no se puede comparar la carga resistida entre cueros con diferentes calibres, es por esto que se calcula la resistencia a la tracción, la misma que es específica y no está en dependencia del espesor. Partiendo de la siguiente ecuación:

$$\text{Resistencia a la tracción} = \frac{F_N}{A}$$

Dónde:

$F_N$  = Fuerza máxima resistida antes de la ruptura en N

$A$  = Área de la probeta en  $\text{mm}^2$

Aplicando este procedimiento para la primera probeta obtenemos

$$\text{Resistencia a la traccion} = \frac{F_N}{A}$$

$$\text{Resistencia a la traccion} = \frac{886,9N}{40mm^2}$$

$$\text{Resistencia a la traccion} = 22,17 \text{ N/mm}^2$$

Replicando el cálculo para las demás probetas obtenemos los resultados tabulados en la tabla 17.

**TABLA 17:** Resistencia a la tracción específica, en N/mm<sup>2</sup>

<b>NUMERO PROBETA</b>	<b>RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (N/mm<sup>2</sup>)</b>
1	22,17
2	26,33
3	30,43
4	28,42
5	33,39
6	24,34
7	24,27
8	18,63
9	28,64
10	25,43
11	27,60
12	22,29

**Fuente:** Autor

### **7.1.5 Balance de masa en la etapa de curtición utilizando extracto de guarango como agente curtiente**

Partiendo del axioma “La materia no se crea ni se destruye, solo se transforma” podemos indicar que para el balance de masa de la etapa de curtido se parte de:

$$E = P + R + A$$

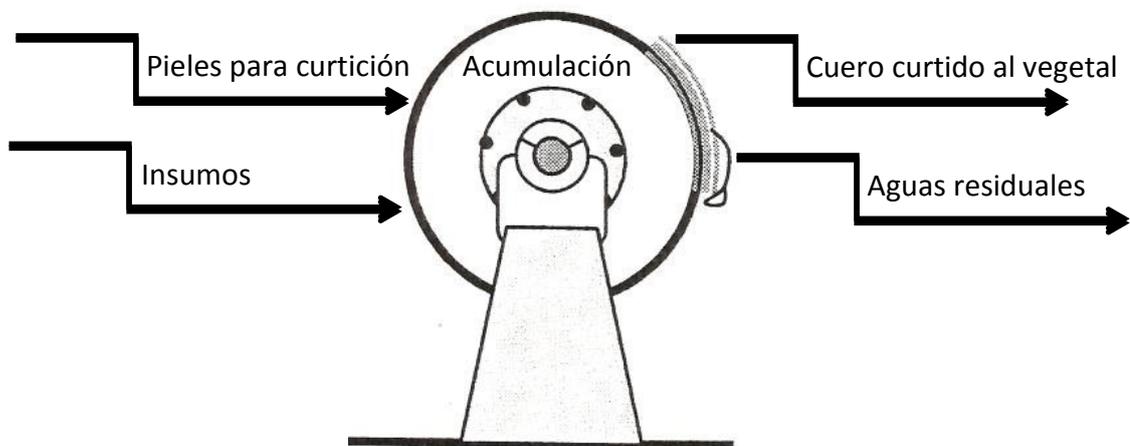
Donde:

$E$  = Corrientes de entrada de materia prima e insumos

$P$  = Corriente de productos

$R$  = Corriente de residuos generados

$A$  = Acumulación



Conociendo que la acumulación dentro del fulón es igual a cero ya que el proceso es por tandas y al final del mismo se descarga completamente, es por tanto que la ecuación nos queda:

$$M + I = P + R$$

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 guarango)

$R$  = Corriente de residuos generados

Dentro de la formulación diseñada se utilizó 6 pieles bovinas preparadas para curtición al vegetal con un peso promedio de 15 kg, con un peso total de:

$$Peso_{total} = Peso_{promedio} * Numero_{pieles}$$

$$Peso_{total} = 15 \text{ kg/piel} * 6 \text{ pieles}$$

$$Peso_{total} = 90 \text{ kg}$$

Bajo el modelo diseñado en la investigación la etapa de curtición tiene un tiempo total de 13,3, horas para procesar las 6 pieles que actuaron como unidades experimentales, es decir que el flujo en peso procesado es igual a:

$$Flujo_{pieles} = \frac{Peso_{total}}{Tiempo}$$

$$Flujo_{pieles} = \frac{90 \text{ kg}}{13,3 \text{ h}}$$

$$Flujo_{pieles} = 6,75 \text{ kg/h}$$

El flujo de materia prima procesada es igual a 6,75 kg de piel por cada hora. En tanto que el consumo de los insumos y agente curtiente se calculan a partir de dicho flujo obteniéndose.

- **Agua**

$$Flujo_{H_2O} = \frac{Flujo_{pieles} * \%f_{H_2O}}{100}$$

Dónde:

$Flujo_{H_2O}$  = Flujo de entrada de agua (kg/h).

$Peso_p$  = Flujo de entrada de pieles (kg/h).

$\%f_{H_2O}$  = Porcentaje del agua requerido según la formulación.

$$Flujo_{H_2O} = \frac{6,75 \text{ kg/h} * 40}{100}$$

$$Flujo_{H_2O} = \frac{6,75 \text{ kg/h} * 40}{100}$$

$$Flujo_{H_2O} = 2,70 \text{ kg/h}$$

- **Sintético dispersante**

$$Flujo_{Sd} = \frac{Flujo_{pieles} * \%f_{Sd}}{100}$$

$$Flujo_{Sd} = \frac{6,75 \text{ kg/h} * 2}{100}$$

$$Flujo_{Sd} = 0,13 \text{ kg/h}$$

- **Sintético fenólico**

$$Flujo_{Sf} = \frac{Flujo_{pieles} * \%f_{Sf}}{100}$$

$$Flujo_{sf} = \frac{6,75 \text{ kg/h} * 0,5}{100}$$

$$Flujo_{sf} = 0,0037 \text{ kg/h}$$

- **Agente curtiente (extracto de guarango)**

$$Flujo_{Eg} = \frac{Flujo_{pieles} * \%f_{Eg}}{100}$$

$$Flujo_{Eg} = \frac{6,75 \text{ kg/h} * 6}{100}$$

$$Flujo_{Eg} = 0,405 \text{ kg/h}$$

Tomando en cuenta que el extracto de guarango se aplica 4 veces consecutivas debemos multiplicar el valor obtenido por el número de veces que fue aplicado el extracto obteniendo:

$$Flujo_{Eg} = 0,405 \text{ kg/h} * 4$$

$$Flujo_{Eg} = 1,62 \text{ kg/h}$$

- **Sintético auxiliar acido**

$$Flujo_{Eg} = \frac{Flujo_{pieles} * \%f_{Eg}}{100}$$

$$Flujo_{Eg} = \frac{6,75 \text{ kg/h} * 1,5}{100}$$

$$Flujo_{Eg} = 0,10 \text{ kg/h}$$

Habiéndose determinado que el 15% de los insumos de curtición permanecen en el cuero<sup>15</sup> debemos calcular 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 asumiendo que las pieles de las que se partieron tenían una correcta humectación y no captaron el agua de los baño, así que el total de agua que ingreso será eliminada en los baños obtenemos los siguientes flujos de entrada y salida expresados en la tabla 18.

**TABLA 18:**Flujo de entrada y salida de la materia prima, insumos productos y residuos

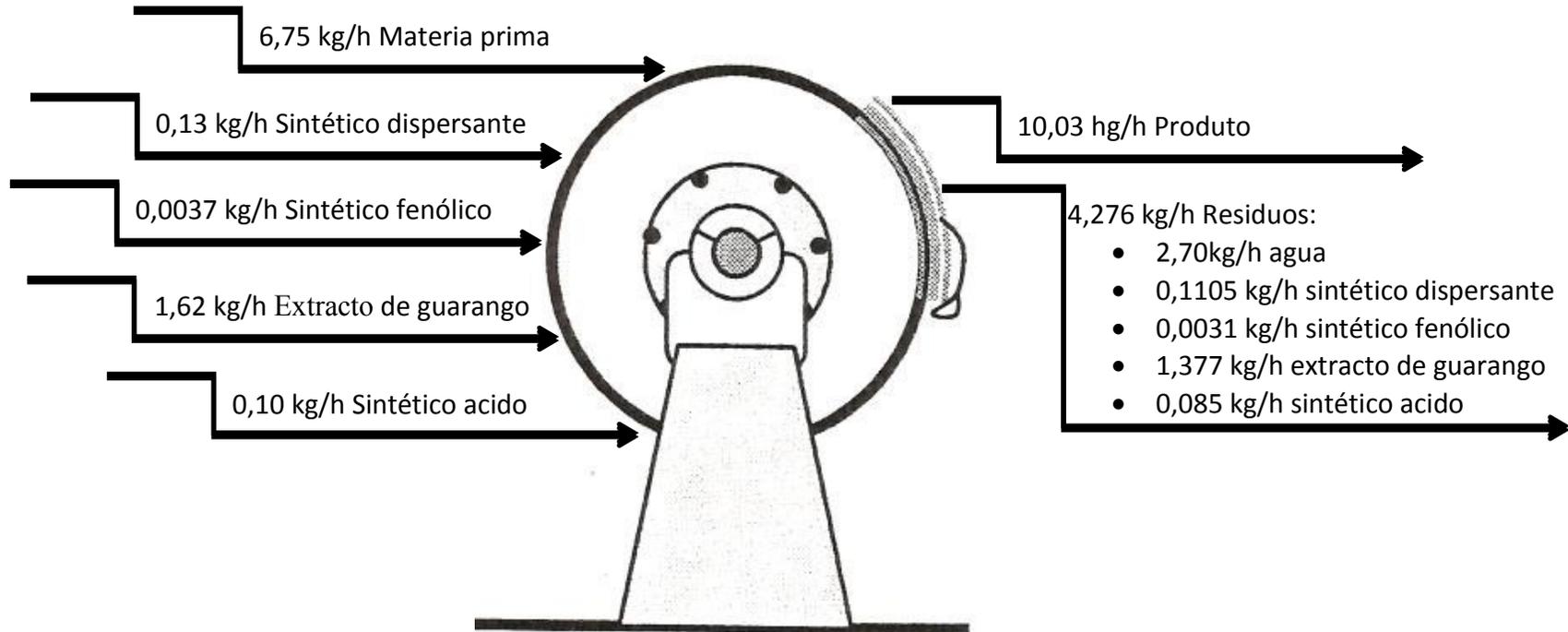
REACTIVO	FLUJO DE ENTRADA	FLUJO DE SALIDA (Fijado en el cuero)	RESIDUOS (Eliminado en el agua residual)
Materia prima (como pieles para curtido vegetal)	6,75	-	-
Agua	2,70	-	2,70
Sintético dispersante	0,13	0,0195	0,1105
Sintético fenólico	0,0037	0,00055	0,0031
Extracto de guarango	1,62	0,243	1,377
Sintético acido	0,10	0,015	0,085
Producto (como cuero curtido)	-	7,028	-

**Fuente:** Autor

Es decir que se tiene un flujo másico igual a 11,304 kg/h.

<sup>15</sup>UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION, Regional Programme for Pollution Control in the Tanning Industry in South-East Asia

FIGURA 22: Balance de masa de la etapa de curtición con extracto de guarango



Proyectando a una producción industrial de 100 pieles del mismo peso que las unidades experimentales utilizadas en la presente investigación obtenemos los siguientes flujos expresados en el cuadro 19.

**TABLA19:**Flujo proyectado de entrada y salida de la materia prima, insumos, producto y residuos para un proceso de 100 pieles.

<b>REACTIVO</b>	<b>FLUJO DE ENTRADA kg/h</b>	<b>FLUJO DE SALIDA (Fijado en el cuero) kg/h</b>	<b>RESIDUOS (Eliminado en el agua residual) kg/h</b>
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
Extracto de guarango	27,0672	4,0601	23,00712
Sintético ácido	1,671	0,251	1,420
Producto (como cuero curtido)	-	117,425	-

**Fuente:** Autor

#### **7.1.6 Balance de masa en la etapa de curtición utilizando extracto de guarango como agente curtiente**

Para el balance de energía partimos de la siguiente ecuación:

$$Q + W = \Delta H + \Delta E_c + \Delta E_p$$

Dónde:

$Q$  = Calor

$W$  = Trabajo

$\Delta H$  = Variación de la entalpia

$\Delta E_c$  = Variación de la energía cinética

$\Delta E_p$  = Variación de la energía potencial

Conociendo que las operaciones de la etapa de curtición se efectúan al mismo nivel con relación al suelo podemos despreciar la variación de la energía potencial obteniéndose

$$Q + W = \Delta H + \Delta E_c + \cancel{\Delta E_p}$$

$$Q + W = \Delta H + \Delta E_c$$

El fulón o bombo de curtido opera a velocidad angular constante durante toda la curtición por ende la variación de la energía cinética es despreciable

$$Q + W = \Delta H + \cancel{\Delta E_c}$$

$$Q + W = \Delta H$$

Asumiendo que el fulón actúa como un sistema adiabático podemos despreciar la transferencia de calor existente llegando a:

$$\cancel{Q} + W = \Delta H$$

$$W = \Delta H$$

Es decir que la variación de la entalpia del sistema es igual al trabajo de los dispositivos mecánicos que actúan en la etapa de curtición, es decir el motor que acciona el movimiento del fulón llegando a la ecuación que define el balance de energía de la etapa de curtición

$$W_m = \Delta H_{1-2}$$

**ECUACIÓN 4:** Balance de energía en la etapa de curtición

Dónde:

$W_m$  = Trabajo realizado por el motor

$\Delta H_{1-2}$  = Variación de la entalpia

Para el cálculo del trabajo generado por el motor partimos de la ecuación de la potencia del dispositivo

$$\dot{W} = \frac{W_m}{t}$$

Donde

$\dot{W}$  = Potencia del dispositivo

$W_m$  = Trabajo del motor

$t$  = Tiempo de operación

Despejando el trabajo obtenemos la siguiente relación

$$W_m = \dot{W} * t$$

La potencia nominal del motor es de 0,5 hp, y el tiempo de operación requerido es de 13,3 horas, transformando las unidades obtenemos

- De hp a kw

$$0,5\cancel{hp} * \frac{1,341kw}{1\cancel{hp}} = 0,6705kw$$

- De h a s

$$13,3\cancel{h} * \frac{3600s}{1\cancel{h}} = 47880s$$

$$W = \dot{W} * t$$

$$W_m = 1,341 \frac{kJ}{s} * 47880s$$

$$W_m = 64207,08 kJ$$

Reemplazando en la ecuación 4

$$W_m = \Delta H_{1-2}$$

$$\Delta H_{1-2} = 64207,08 kJ$$

Conociendo que la etapa de curtición se lleva a cabo dentro de un periodo de 13,33 horas

$$\Delta H_{1-2} = \frac{64207,08 kJ}{13,33h}$$

$$\Delta H_{1-2} = 4816,74 \text{ kJ/h}$$

Para encontrar la variación de entalpia con relación al flujo de materia procesado por hora partimos de la siguiente ecuación:

$$\Delta \dot{H}_{1-2} = \frac{\Delta H_{1-2}}{f_m}$$

Dónde:

$\Delta \dot{H}_{1-2}$  = Variación de la entalpia especifica

$\Delta H_{1-2}$  = Variación total de la entalpia

$f_m$  = Flujo másico

$$\Delta \dot{H}_{1-2} = \frac{\Delta H_{1-2}}{f_m}$$

$$\Delta \dot{H}_{1-2} = \frac{4816,74 \text{ kJ/h}}{11,304 \text{ kg/h}}$$

$$\Delta \dot{H}_{1-2} = 426,109 \text{ kJ/kg}$$

## 7.2 Resultados

### 7.2.1 Resultados de los análisis físicos

#### 7.2.1.1 Dimensiones de las probetas de análisis

<b>NUMERO PROBETA</b>	<b>COLOR</b>	<b>ANCHO (mm)</b>	<b>ESPESOR (mm)</b>	<b>LONGITUD INICIAL (mm)</b>	<b>ÁREA (mm<sup>2</sup>)</b>
1	Negro	20	2	31	40
2	Negro	20	2	31	40
3	Negro	19,8	1,8	30	35,64
4	Negro	19,65	2	30	39,3
5	Negro	19	2	30	38
6	Negro	20	1,9	30	38
7	Negro	21,4	1,9	30	40,66
8	Negro	21,8	2	30	43,6
9	Negro	19	1,93	32	36,67
10	Negro	20,7	1,8	30,5	37,26
11	Negro	19,65	2	32,5	39,3
12	Negro	19,65	2	30	39,3

**Fuente:** Autor

### 7.2.1.2 Deformación y porcentaje de elongación

<b>NUMERO PROBETA</b>	<b>LONGITUD INICIAL (mm)</b>	<b>DEFORMACIÓN (mm)</b>	<b>LONGITUD FINAL (mm)</b>	<b>PORCENTAJE ELONGACIÓN</b>
1	101	31,06	132,06	30,75
2	101	48,78	149,78	48,30
3	100	45,52	145,52	45,52
4	100	39,92	139,92	39,92
5	100	39,34	139,34	39,34
6	100	49,59	149,59	49,59
7	100	53,44	153,44	53,44
8	100	51,65	151,65	51,65
9	102	37,18	139,18	36,45
10	105,5	32,08	137,58	30,41
11	102,5	50,1	152,6	48,88
12	100	37,2	137,2	37,20

**Fuente:** Autor

### 7.2.1.3 Carga máxima y esfuerzo (resistencia a la tracción)

<b>NUMERO PROBETA</b>	<b>CARGA MÁXIMA (Kg)</b>	<b>CARGA MÁXIMA (N)</b>	<b>ÁREA (mm<sup>2</sup>)</b>	<b>RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (N/mm<sup>2</sup>)</b>
1	90,5	886,9	40	22,1725
2	107,5	1053,5	40	26,3375
3	110,7	1084,86	35,64	30,4393939
4	114	1117,2	39,3	28,4274809
5	129,5	1269,1	38	33,3973684
6	94,4	925,12	38	24,3452632
7	100,7	986,86	40,66	24,271028
8	82,9	812,42	43,6	18,6334862
9	107,2	1050,56	36,67	28,6490319
10	96,7	947,66	37,26	25,4337091
11	110,7	1084,86	39,3	27,6045802
12	89,4	876,12	39,3	22,2931298

**Fuente:** Autor

## 7.2.2 Análisis sensorial de los cueros terminados

### 7.2.2.1 Blandura

<b>PROBETA</b>	<b>PUNTUACIÓN</b>	<b>PONDERACIÓN</b>
1	3	Buena
2	2	Regular
3	4	Muy Bueno
4	3	Buena
5	4	Muy Bueno
6	3	Buena
7	3	Buena
8	3	Buena
9	4	Muy Bueno
10	4	Muy Bueno
11	4	Muy Bueno
12	4	Muy Bueno
<b>MODA</b>		<b>Muy Bueno</b>

**Fuente:** Autor

### 7.2.2.2 lenura

<b>PROBETA</b>	<b>PUNTUACIÓN</b>	<b>PONDERACIÓN</b>
1	1	Muy Bueno
2	2	Excelente
3	3	Excelente
4	4	Excelente
5	5	Excelente
6	4	Muy Bueno
7	5	Excelente
8	4	Muy Bueno
9	5	Excelente
10	5	Excelente
11	5	Excelente
12	4	Muy Bueno
<b>MODA</b>		<b>Excelente</b>

**Fuente:** Autor

### 7.2.2.3 Redondez

<b>PROBETA</b>	<b>PUNTUACIÓN</b>	<b>PONDERACIÓN</b>
1	5	Excelente
2	5	Excelente
3	5	Excelente
4	5	Excelente
5	4	Muy Bueno
6	4	Muy Bueno
7	5	Excelente
8	4	Muy Bueno
9	5	Excelente
10	4	Muy Bueno
11	4	Muy Bueno
12	4	Muy Bueno
<b>MODA</b>		<b>Muy Bueno</b>

**Fuente:** Autor

### 7.3 Propuesta

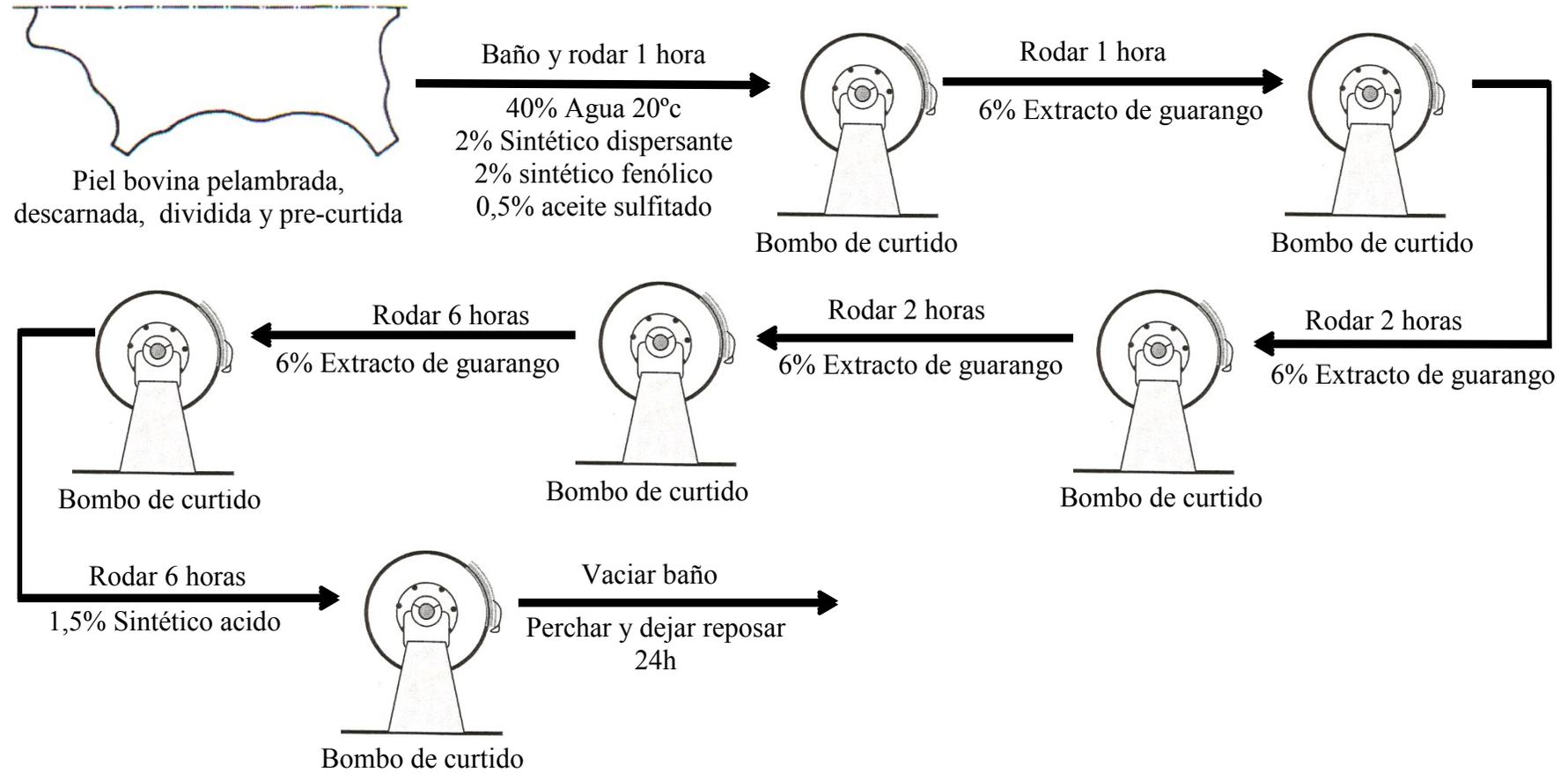
Una vez analizados los resultados y habiendo conocido las características que se obtuvieron en el cuero terminado se propone la siguiente formulación para un curtido replicable y aplicable a escala industrial partiendo del peso de las pieles previamente remojadas, pelambradas, descarnadas, divididas, piqueladas y rendidas, como se indica en el cuadro 10. Bajo este modelo de curtición se logra cueros de color beige claro, con gran firmeza de flor, es decir que la capa ultima de la piel esta fija a las capas inferiores sin correr el riesgo de desprenderse y generar arrugas características de este defecto y que disminuyen la calidad de la piel, además se logra una llenura elevada, es decir que dentro del espesor del cuero están muy bien distribuidos los productos de curtido sin existir espacios vacíos a lo ancho del mismo aumentando así el calibre final, además de evitar los efectos negativos que produce la descarga de aguas residuales con cromo al ambiente.

**CUADRO 10:**Formulación de la etapa de curtición con extracto de guarango

<b>PORCENTAJE</b>	<b>INSUMO</b>	<b>TEMPERATURA</b>
40%	Agua	
2%	Sintético dispersante comercial	20°C
2%	Sintético fenólico comercial	
0,5%	Aceite sulfitadoComercial	
Rodar 1 hora		
6%	Primera adición Extracto de guarango	TA*
Rodar 1 hora		
6%	Segunda adición Extracto de guarango	TA*
Rodar 2 hora		
6%	Tercera adición Extracto de guarango	TA*
Rodar 2 hora		
6%	Cuarta adición Extracto de guarango	TA*
Rodar 6 hora		
1,5%	Sintético auxiliar acido	TA*
Rodar 1 hora		
Controlar pH<4,5 y comprobar corte atravesado		
Vaciar baño		
200%	Agua	20°C
Lavar durante 20 minutos		
Vaciar baño		
Perchar y dejar reposar 24 horas		
TA* : Temperatura Ambiente		

**Fuente:** Autor

### 7.3.1 Diagrama del proceso

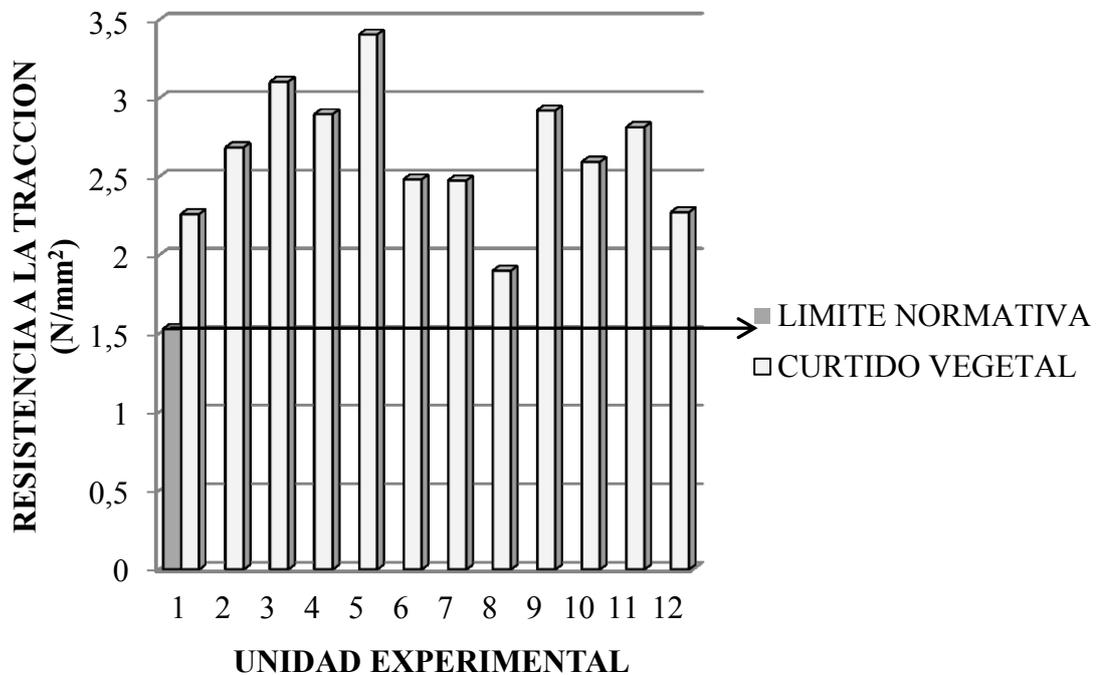


## 7.4 Análisis y discusión de los resultados

Revisando las respuestas de los análisis tanto físicos como sensoriales de los cueros curtidos con el extracto de guarango podemos decir que los valores obtenidos en cada prueba están dentro de los rangos aceptables dentro de la normativa de referencia, e incluso superan las respuestas de los cueros curtidos con cromo.

### 7.4.1 Resistencia a la tracción

Dentro de la resistencia a la tracción se obtuvo un valor medio igual a  $2,65 \text{ kg/mm}^2$  en tanto que la normativa IUP 6 exige que el valor mínimo para esta prueba sea de  $1,53 \text{ kg/mm}^2$ , es decir que el cuero tiene un resistencia a la tracción superior a la establecida en las normas, además cotejando cada una de las respuestas de las unidades experimentales podemos indicar que todas cumplen con este requerimiento de calidad, como se ilustra en el grafico 8.



**GRAFICO 8:** Resistencia a la tracción de los cueros curtidos con extracto e guarango en comparación con la normativa IUP 6

**TABLA 20:** Resultado de la prueba t de Student de la resistencia a la tracción de los cueros curtidos con cromo vs los cueros curtidos con guarango.

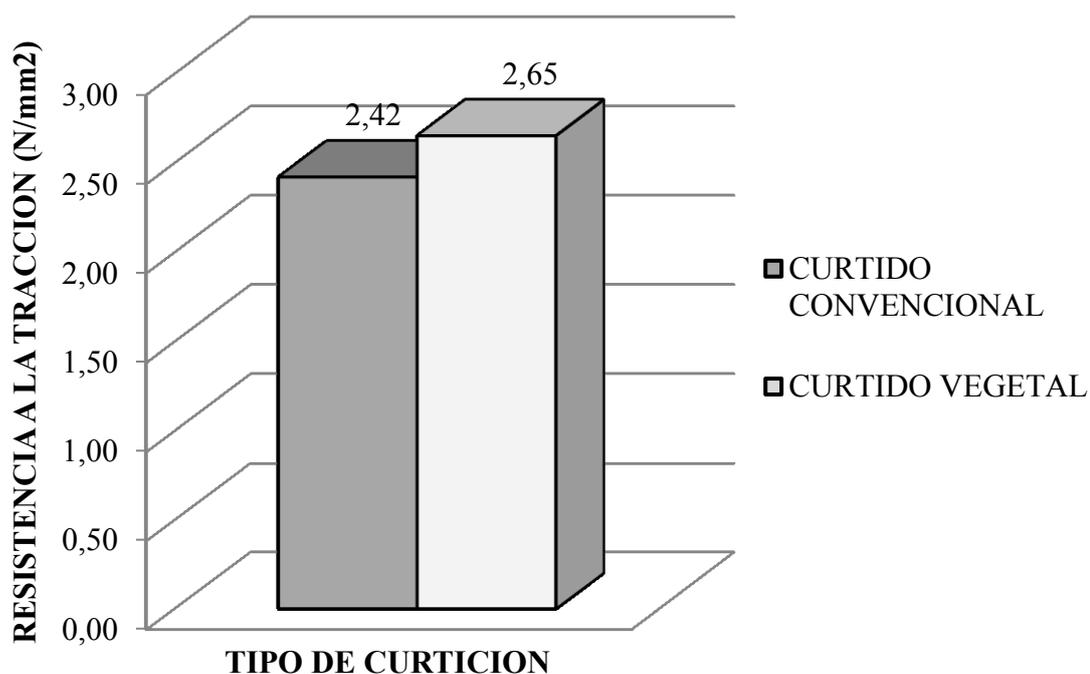
<b>VARIABLE ESTADÍSTICA</b>	<b>CROMO</b>	<b>GUARANGO</b>
Media	2,42166667	2,653099248
Varianza	0,21019697	0,169183527
Observaciones	12	12
Coefficiente de correlación de Pearson	-0,5084107	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	11	
Estadístico t	-1,0608334	
P(T<=t) una cola	0,15575128	
Valor crítico de t (una cola)	1,79588482	<b>Significancia</b>
P(T<=t) dos colas	0,31150256	<b>ns</b>
Valor crítico de t (dos colas)	2,20098516	

**FUENTE:** Autor.

Teniendo la base de datos de las respuestas de la resistencia a la tracción de 12 cueros curtidos con sales de cromo podemos comparar con los resultados obtenidos en nuestra investigación, notándose que la media representada en los cueros tratados con el extracto vegetal (2,65 kg/mm<sup>2</sup>) es superior a la media obtenida por los cueros convencionales (2,42 kg/mm<sup>2</sup>), como se muestra en la figura 9.

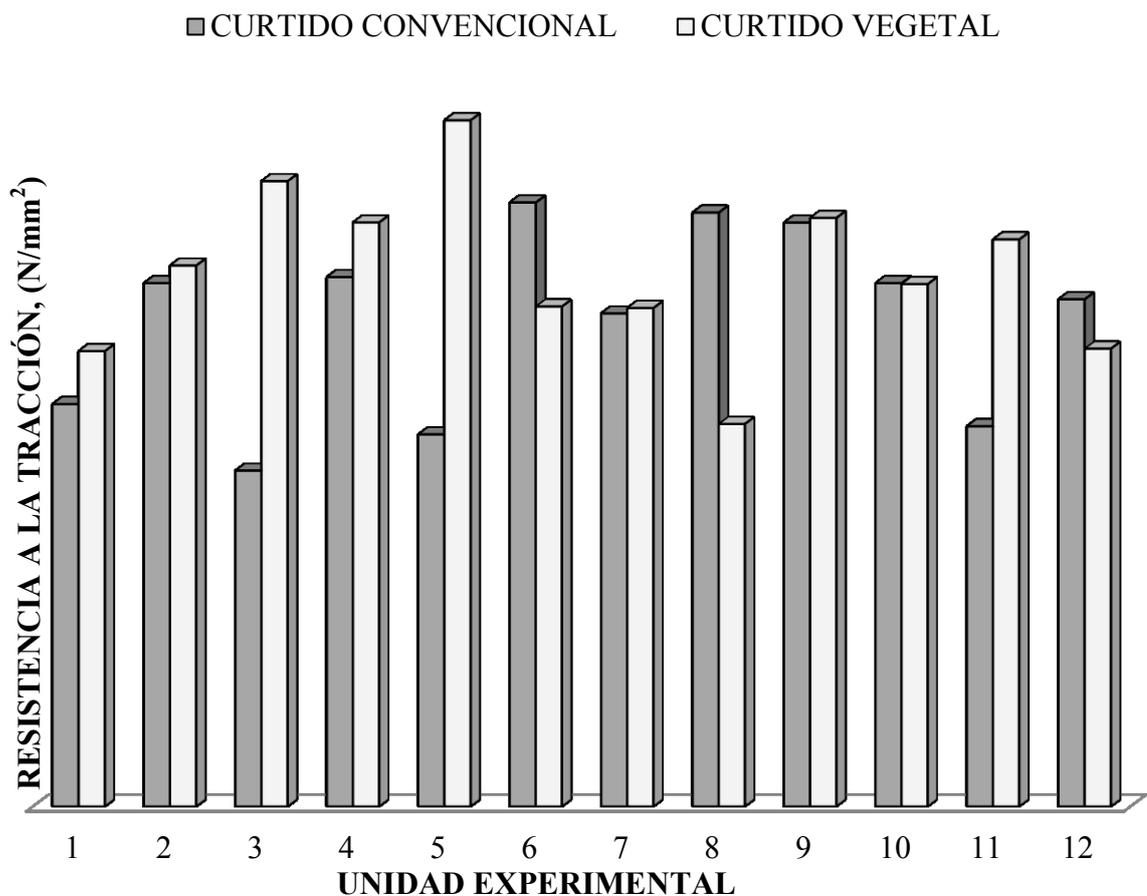
Los cueros tratados con las sales de cromo presentaron un valor en la resistencia a la tracción inferior a los resultados de la misma prueba física aplicada a los cueros curtidos con guarango, aseveración que puede deberse al hecho de que los cueros con extractos tánicos presentan una mayor llenura que los cueros con cromo, es decir que el guarango como agente curtiente rellena de mejor manera los espacios interfibrilares de la piel, les proporciona una mayor densidad y por ende distribuye de mejor manera las

fuerzas a la que es sometido en el análisis de la resistencia a la tracción generando que las fibras se rompan a una carga mayor que la que resistirá el cuero con cromo, esta capacidad será transmitida al artículo ya confeccionado brindándole una mayor resistencia a las fuerzas que se ejercen sobre el mismo bajo el uso diario mejorando la calidad y duración del artículo.



**GRAFICO 9:** Comparación entre los valores medios de la resistencia a la tracción de los cueros curtidos con sales de cromo y los cueros curtidos con extracto de guarango.

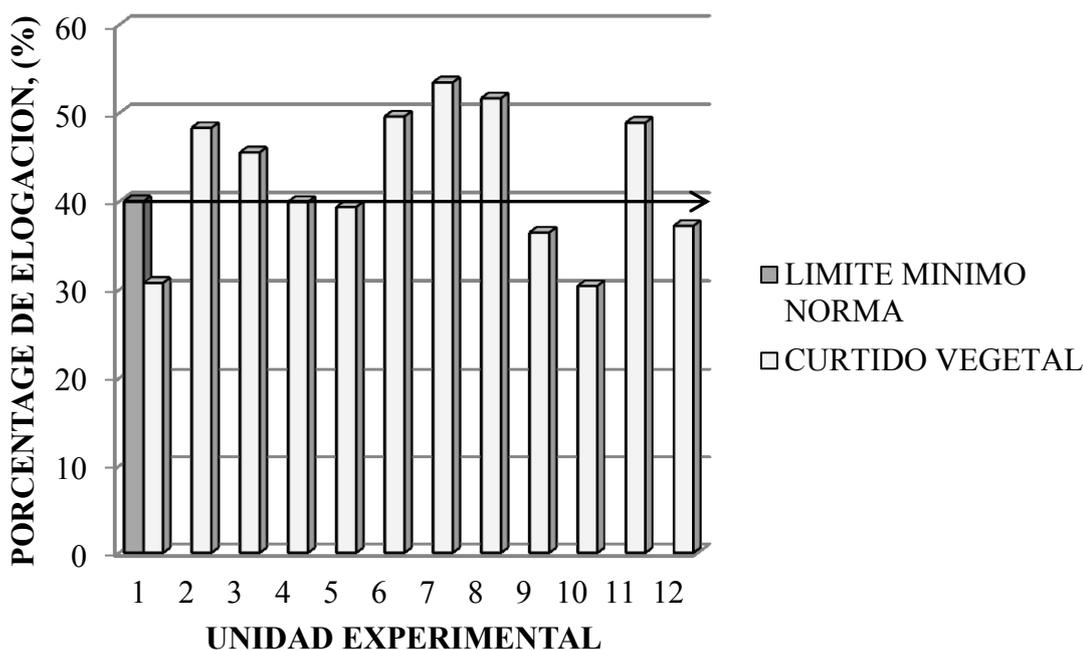
Es decir que en cuanto a resistencia física los cueros curtidos con guarango son superiores a los cueros convencionales proporcionando una ventaja tecnológica a un tipo de curtición diseñado con guarango como agente de curtición, como se detalla en el gráfico 10.



**GRAFICO 10:** Comparación entre las repuestas de la resistencia a la tracción de los cueros tradicionales y de los cueros curtidos con guarango.

#### 7.4.2 Porcentaje de elongación

La respuesta media que presentaron los cueros curtidos con guarango en cuanto al porcentaje de elongación se refiere está dentro de la exigencia de la normativa IUP 6, ya que el valor medio que presentaron las unidades experimentales fue de 43%, en tanto que el umbral expuesto en la norma exige que el porcentaje de elongación se encuentre dentro del 40-80%, como se ilustra en el grafico 11.

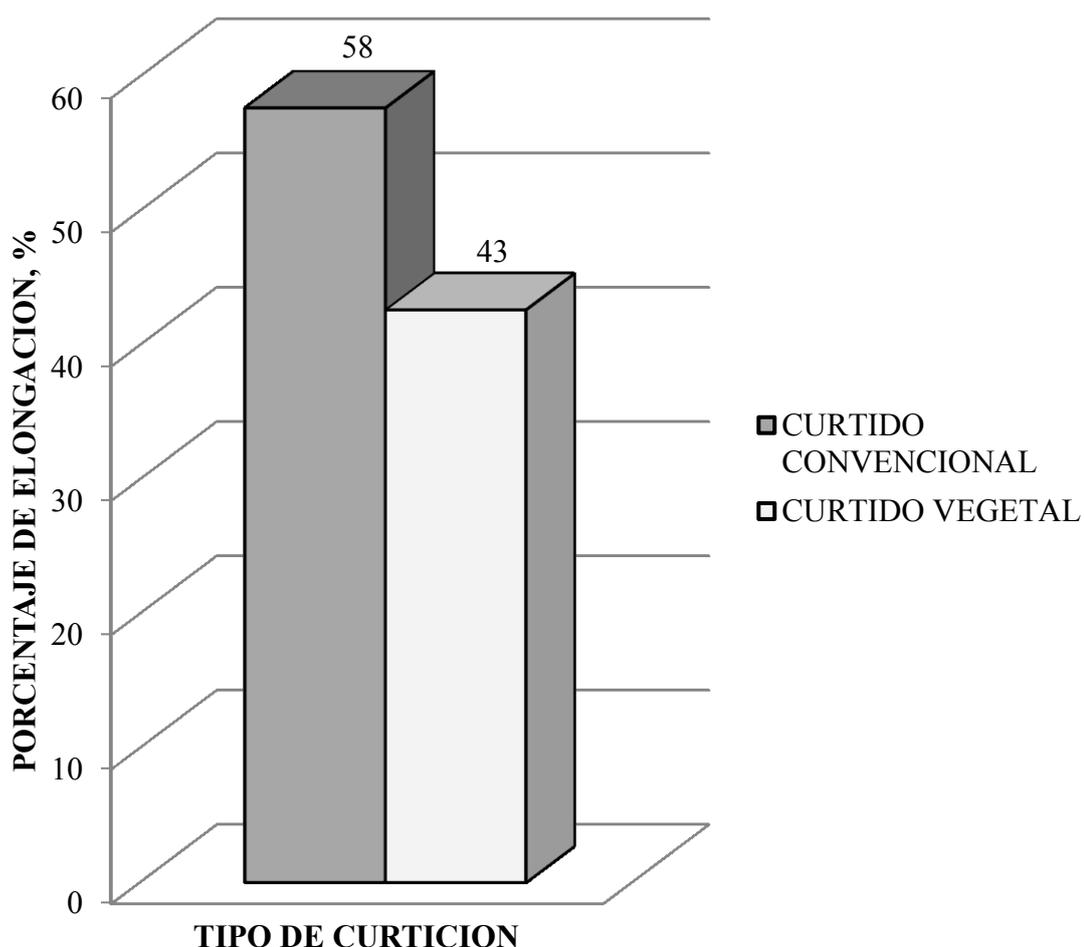


**GRAFICO 11:** Porcentaje de los cueros curtidos con extracto de guarango en comparación con la normativa IUP 6

Para el porcentaje de elongación las repuestas de los cueros convencionales fueron superiores a las que presentaron los cueros curtidos con extracto de guarango. el valor medio del porcentaje de elongación para los cueros tratados con cromo fue de 58%, mientras que las respuestas dentro de la misma medición física para el cuero curtido con guarango registraron un valor medio igual a 43%, como se detalla en la figura 12.

Al comparar las respuestas obtenidas por los cueros convencionales y los cueros vegetales en la prueba de porcentaje de elongación podemos apreciar que son mayores los valores obtenidos para el primer caso, es decir que los cueros con cromo tienden a extenderse mayormente que los cueros con guarango, característica no deseada para la elaboración de calzado y artículos de peletería, ya que el uso diario del artículo genera fuerzas de estiramiento sobre el cuero lo que produce un estiramiento sobre las fibras de colágeno, si el cuero es demasiado flexible, o tiene un alto porcentaje de elongación, se estirara hasta el punto de deformar el artículo hasta el punto de variar

permanentemente su diseño, en tanto que si el cuero tiene un poco flexibilidad, o un adecuado porcentaje de elongación, resistirá a las fuerzas de estiramiento sin deformarse manteniendo por periodos más largos de uso las características de diseño del artículo.



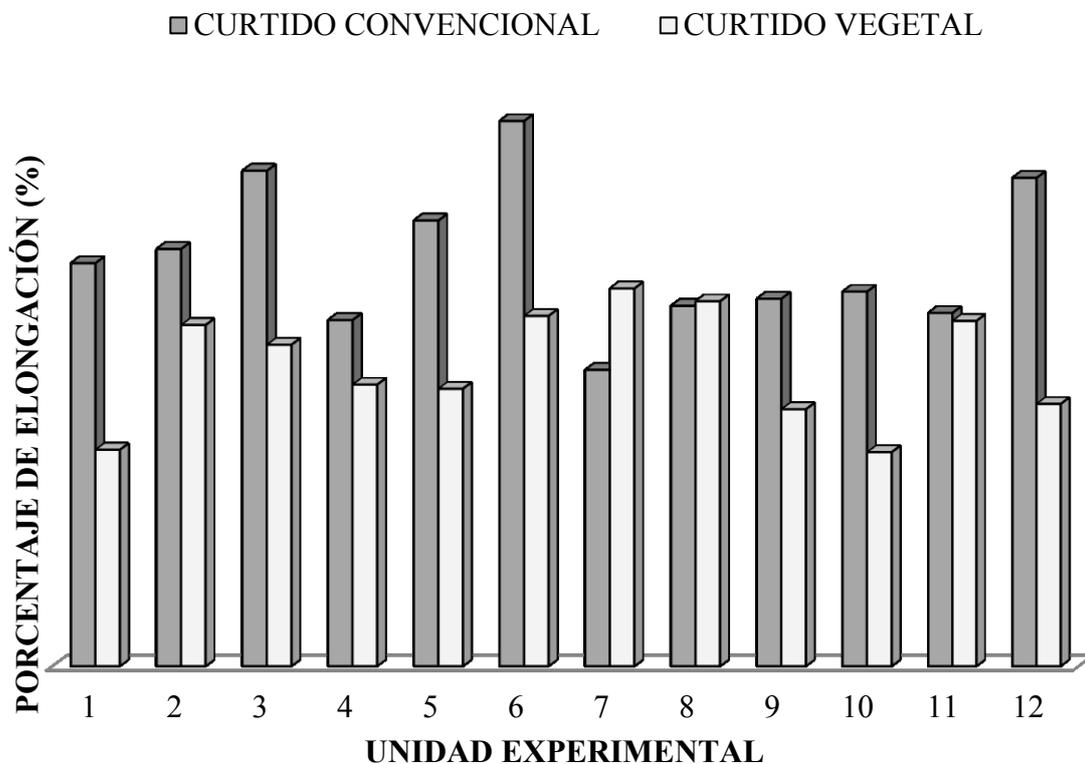
**GRAFICO 12:** Comparación entre los valores medios del porcentaje de elongación de los cueros curtidos con sales de cromo y los cueros curtidos con extracto de guarango.

Bajo este criterio podemos considerar que el curtido con guarango presenta una ventaja funcional dentro del cuero terminado frente a los cueros convencionales, como se detalla en el grafico 13.

**TABLA 21:** Resultado de la prueba t de Student del porcentaje de la elongación de los cueros curtidos con cromo vs los cueros curtidos con guarango.

VARIABLE ESTADÍSTICA	CROMO	GUARANGO
Media	57,67	42,62
Varianza	105,70	63,87
Observaciones	12,00	12,00
Coefficiente de correlación de Pearson	-0,06	
Diferencia hipotética de las medias	0,00	
Grados de libertad	11,00	
Estadístico t	3,89	
P(T<=t) una cola	0,00	
Valor crítico de t (una cola)	1,80	<b>Significancia</b>
P(T<=t) dos colas	0,0025	<b>**</b>
Valor crítico de t (dos colas)	2,20	

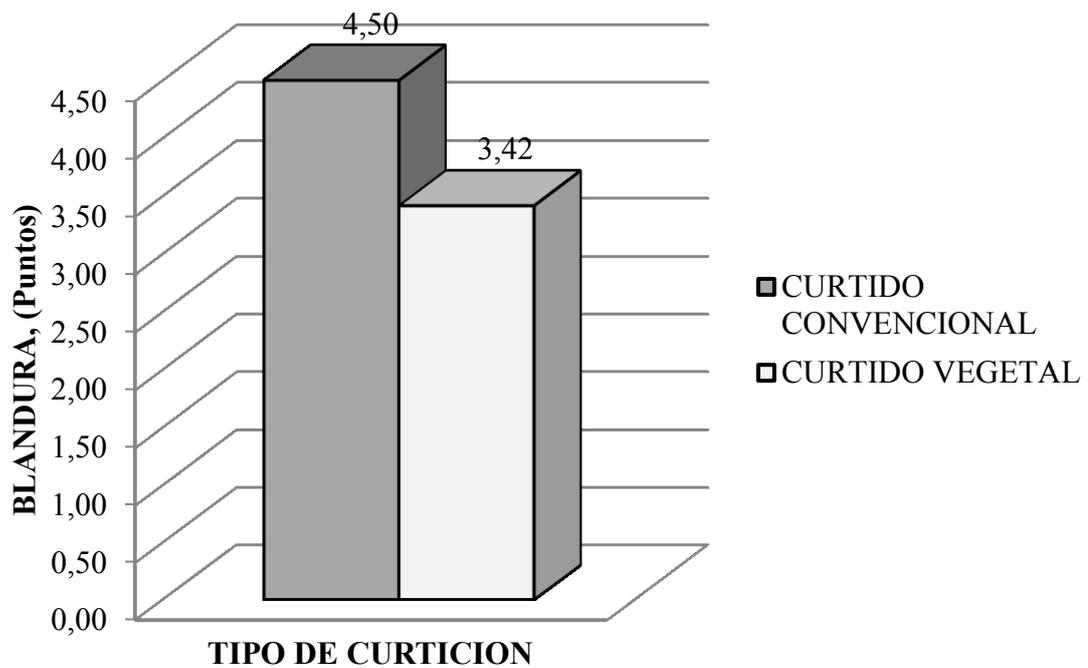
**FUENTE:** Autor.



**GRAFICO 13:** Comparación entre las repuestas de la resistencia a la tracción de los cueros tradicionales y de los cueros curtidos con guarango.

### 7.4.3 Blandura

En el análisis y la discusión de los resultados de la blandura de los cueros curtidos con guarango frente a las respuestas de la misma medición sensorial en cueros con cromo podemos apreciar que en el curtido convencional se consiguen cueros con una blandura superior a la que presentan los cueros bajo curtición vegetal. La respuesta media de los cueros convencionales fue de 4,50 puntos que se encuentra dentro del rango de Muy Bueno a Excelente, mientras que los cueros curtidos bajo el diseño de la investigación registraron una media igual a 3,42 puntos, valor que se ubica dentro del rango de Bueno a Muy Bueno, como se ilustra en la figura 14.



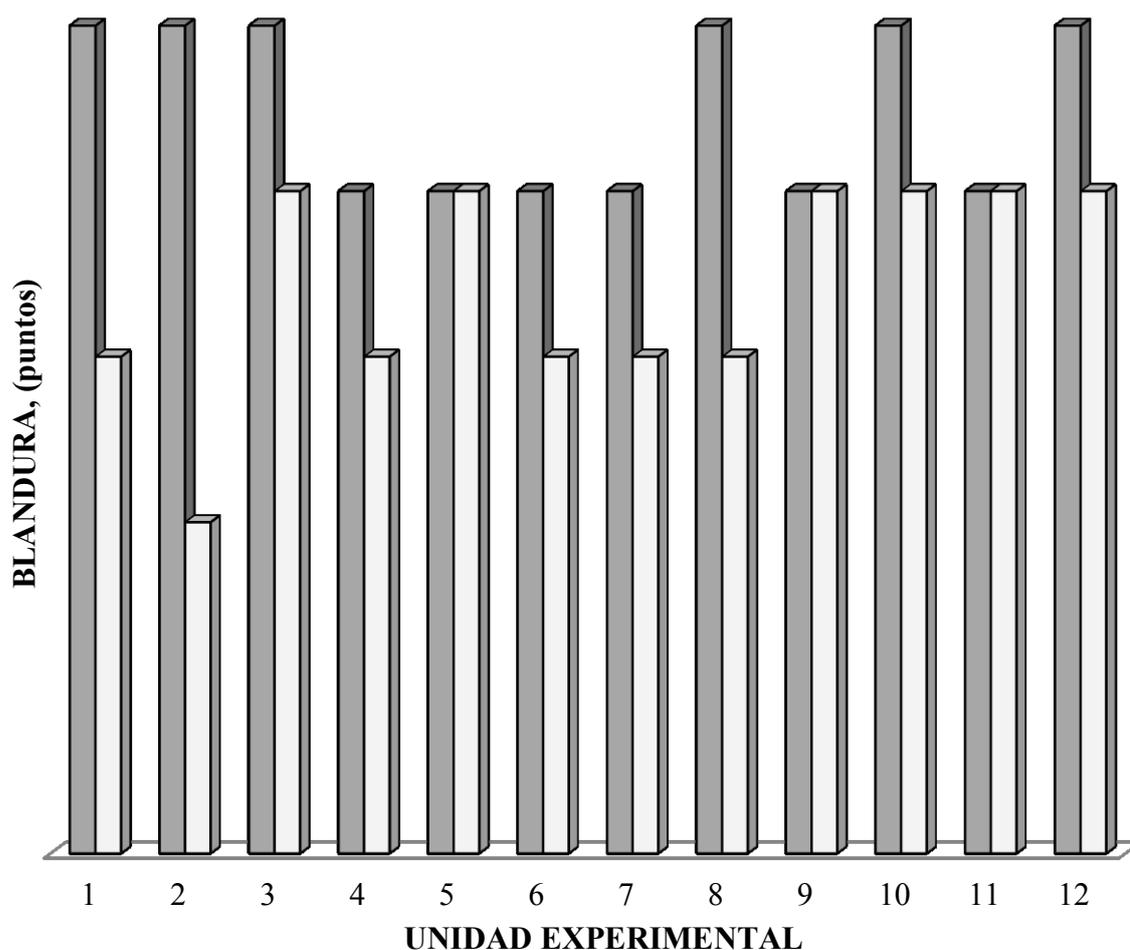
**Grafico 14:** Comparación entre las puntuaciones medias de la blandura de los cueros curtidos con sales de cromo y los cueros curtidos con extracto de guarango.

**TABLA 22:** Resultado de la prueba t de Student de las puntuaciones de blandura de los cueros curtidos con cromo vs los cueros curtidos con guarango.

<b>VARIABLE ESTADÍSTICA</b>	<b>CROMO</b>	<b>GUARANGO</b>
Media	4,5	3,41666667
Varianza	0,27272727	0,4469697
Observaciones	12	12
Coefficiente de correlación de Pearson	-0,13018891	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	11	
Estadístico t	4,16819287	
P(T<=t) una cola	0,00078375	
Valor crítico de t (una cola)	1,79588482	Significancia
P(T<=t) dos colas	0,0015675	**
Valor crítico de t (dos colas)	2,20098516	

**FUENTE:** Autor.

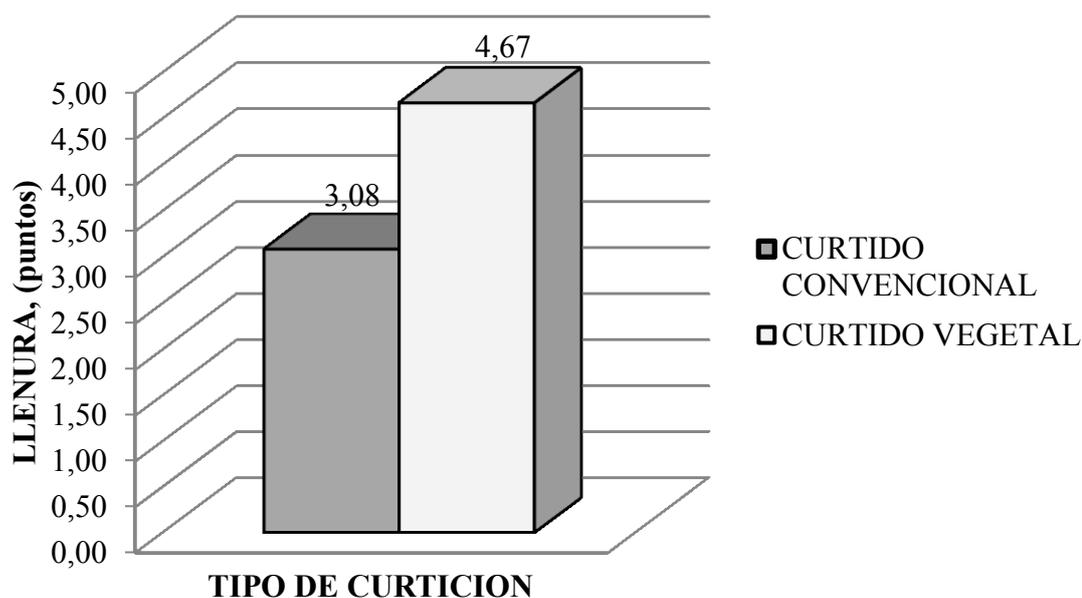
Para la elaboración de calzado la blandura es una variable sensorial importante, dado que a puntuaciones más altas de blandura el confort que presentara el artículo terminado en el uso será mayor, es por esto que el calzado elaborado con cuero al cromo presentara una mayor comodidad frente a el cuero elaborado con guarango, en contraste, para la confección de artículos de marroquinería se requiere que el cuero posea una blandura moderada, ya que esto favorece a que el artículo no se deforme por la acción de fuerzas ejercidas por el uso normal, es decir, que el cuero curtido con guarango presenta una ventaja tecnológica para la confección de artículos de marroquinería frente a los cueros convencionales. Dicha aseveración se ve respaldada con los resultados mostrados en la figura 15.



**GRAFICO 15:** Comparación entre las puntuaciones de la blandura de los cueros tradicionales y de los cueros curtidos con guarango.

#### 7.4.4 Llenura

La puntuación medias registrada de la medición de la llenura de los cueros bovinos curtidos con guarango presento una valor superior a la que se registró de los cueros curtidos con cromo. Para los cueros tratados con guarango como agente curtiente se obtuvo un valor medio igual a 4,67 puntos, ubicándose en el rango de Muy Bueno a Excelente, mientras que los cueros convencionales presentaron un valor medio igual a 3,08 puntos, puntuación que se sitúa dentro del rango de Bueno a Muy bueno, como se ilustra en la figura 16.



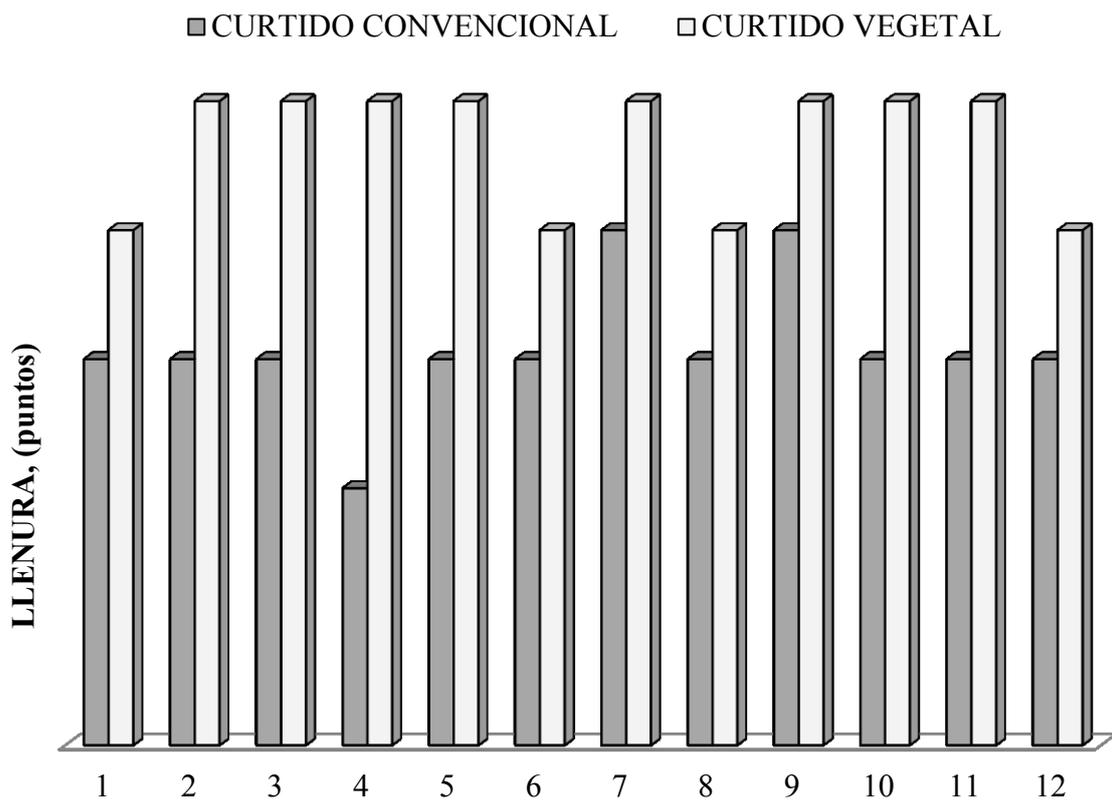
**GRAFICO 16:** Comparación entre las puntuaciones medias de la llenura de los cueros curtidos con sales de cromo y los cueros curtidos con extracto de guarango.

**TABLA 23:** Resultado de la prueba t de Student de las puntuaciones de llenura de los cueros curtidos con cromo vs los cueros curtidos con guarango.

VARIABLE ESTADÍSTICA	CROMO	GUARANGO
Media	3,08333333	4,66666667
Varianza	0,26515152	0,24242424
Observaciones	12	12
Coefficiente de correlación de Pearson	0,11952286	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	11	
Estadístico t	-8,20396762	
P(T<=t) una cola	2,5687E-06	
Valor crítico de t (una cola)	1,79588482	<b>Significancia</b>
P(T<=t) dos colas	5,1375E-06	<b>**</b>
Valor crítico de t (dos colas)	2,20098516	

**FUENTE:** Autor.

La llenura es una característica sensorial del cuero substancial para la calidad del artículo terminado, ya sea calzado o marroquinería, en vista de que la resistencia física, la homogeneidad de la forma, la estabilidad del diseño, la vida útil, entre otras están en función de esta medición sensorial, por lo que podemos afirmar que a valores más altos de llenura la calidad funcional del artículo será superior. Los cueros elaborados con guarango presentan una superior llenura frente a los cueros curtidos bajo un modelo tradicional, es decir que los cueros que se elaboran con el diseño de la presente investigación generaran en el producto terminado una mayor calidad frente a los cueros que se elaboren con cromo, lo que representa una ventaja tecnológica en la utilización del guarango en contraste al cromo como agentes curtientes. Los resultados se detallan en la 17.

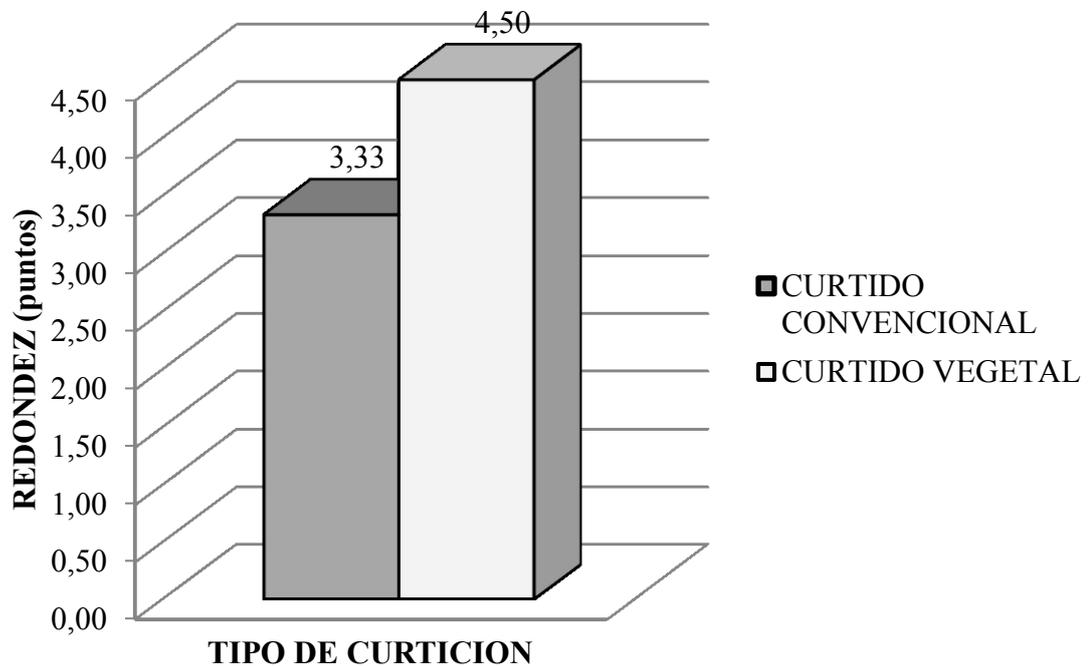


**UNIDAD EXPERIMENTAL**

**GRAFICO 17:** Comparación entre las puntuaciones de la llenura de los cueros tradicionales y de los cueros curtidos con guarango.

### 7.4.5 Redondez

Con respecto al valor medio de la redondez que presentaron los cueros curtidos con guarango (4,50 puntos) es superior a el resultado medio que reportaron los cueros tratados con cromo (3,33 puntos). En cuanto a la ponderación para las unidades tratadas con guarango se ubican en promedio en el rango de Muy Bueno a Excelente, en tanto que los cueros con cromo se catalogan entre Bueno a Muy Bueno, como se muestra en la figura 18.



**GRAFICO 18:** Comparación entre las puntuaciones medias de la redondez de los cueros curtidos con sales de cromo y los cueros curtidos con extracto de guarango.

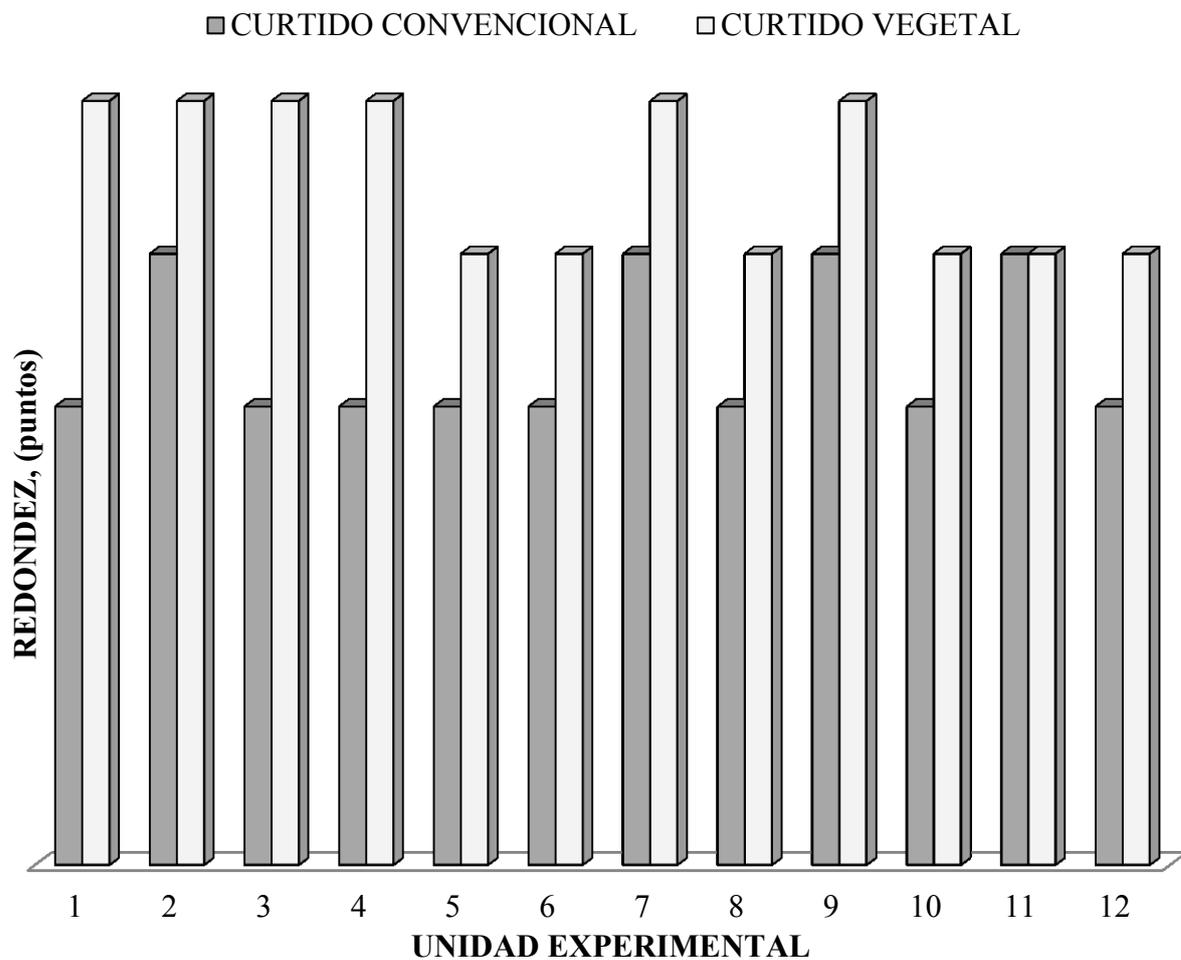
Dentro de la elaboración de los artículos de calzado y peletería la redondez que presenten los cueros es importante, en vista de que para su confección el cuero se ve expuesto a dobleces y curvaturas que al no poseer una buena redondez, de no ser así, el artículo final se deformaría por la poca capacidad del cuero de acomodarse a la forma del

artículo, presentando en las zonas de doblaje arrugas que bajan la calidad del artículo final. Es así que analizando los resultados de cada unidad experimental en esta medición sensorial y cotejándolas con las que presentaron los cueros curtidos bajo un modelo tradicional podemos inferir que en cuanto a calidad de diseño y confección los artículos elaborados con el cuero curtido con guarango serán superiores a los fabricados con cuero tratado con cromo, en vista que el resultado de la redondez también es superior para el caso de los primeros cueros, como se ilustra en la figura poner número 19.

**TABLA 24:** Resultado de la prueba t de Student de las puntuaciones de redondez de los cueros curtidos con cromo vs los cueros curtidos con guarango.

<b>VARIABLE ESTADÍSTICA</b>	<b>CROMO</b>	<b>GUARANGO</b>
Media	3,33333333	4,5
Varianza	0,24242424	0,27272727
Observaciones	12	12
Coefficiente de correlación de Pearson	0,35355339	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	11	
Estadístico t	-7	
P(T<=t) una cola	1,1348E-05	
Valor crítico de t (una cola)	1,79588482	<b>Significancia</b>
P(T<=t) dos colas	2,2696E-05	<b>**</b>
Valor crítico de t (dos colas)	2,20098516	

**FUENTE:** Autor.



**GRAFICO 19:** Comparación entre las puntuaciones de la blandura de los cueros tradicionales y de los cueros curtidos con guarango.

# **CAPITULO IV**

## 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 8.1 Conclusiones

En base a los resultados obtenidos dentro de la investigación se llegó a las siguientes conclusiones

- Al establecer una normativa estandarizada en las variables de proceso como son pH, temperatura, tiempo de rodamiento entre otras se determinó la eficiencia del extracto tánico y gálico del guarango como agente curtiente utilizado en la producción de cuero bovino, ya que se obtuvo una piel que alcanzaron una mayor clasificación en el mercado.
- Aplicando el diseño de proceso a escala de laboratorio se obtuvieron cueros de una calidad funcional dentro de los estándares establecidos por la normativa IUP, ya que en las mediciones físicas se obtuvo un resultado medio de 2,42 N/mm<sup>2</sup> para la resistencia a la tracción y 43% para la elongación.
- Además realizando el análisis de las características sensoriales se aprecia que los cueros en promedio tienen una ponderación de muy bueno para la blandura (3,42 puntos) excelente para la llenura (promedio 4,76 puntos), excelente para la medición de la redondez (5,50 puntos), denotando su calidad dentro de las características sensoriales.
- En la serranía ecuatoriana se consigue asociar la explotación agrícola del guarango con la industrialización de la vaina del fruto de dicha planta para la producción de insumos utilizados en la industria de curtiembre, produciendo un extracto menos contaminante que el cromo que ayude a preservar el medio ambiente.
- La aplicación del guarango en la curtiembre de pieles bovinas produce un material (cuero), con altas resistencias físicas y muy buenas prestaciones sensoriales que son

similares a las presentadas por el cromo, que tiene como desventaja que eleva poder contaminantes de las RILES de una curtiembre.

- La calidad de los cueros curtidos con guarango permite obtener un producto que puede ser comercializado tanto como materia prima o productos elaborados (carteras, billeteras, zapatos, entre otros), que llenan las exigencias de calidad tanto para mercado nacionales como internacionales
- Con la determinación de la correcta concentración de extracto tánico y gálico del guarango en la etapa de curtición de los cueros bovinos se consigue obtener un producto final de alta calidad y competitivo frente a los cueros convencionales (curtición con cromo), para el desarrollo tecnológico de la fundación BIO-RECOLTE.

## **8.2 Recomendaciones**

De acuerdo a los resultados expuestos se recomienda:

- Incentivar en los productores agrícolas de nuestra región la explotación del guarango, que al ser una planta rustica puede ser cultivada sin mayores requerimientos de cultivo ni de abonamiento, pero sin embargo al ser industrializada se la puede comercializar por un precio más elevado, produciendo mayores ganancias a esta actividad.
- Se recomienda curtir las pieles bovinas con extractos tánicos y gálicos ya que se consigue un cuero muy resistente y con buenas calificaciones sensoriales, sin perjudicar al ecosistema que rodea a una curtiembre, al enviar productos altamente contaminantes como es el cromo, a los cuerpos de agua dulce que lo circunda.
- Fomentar proyectos con organismos tanto gubernamentales como no gubernamentales que incentiven la producción de guarango y de esa manera crear fuentes de trabajo que beneficien a la economía nacional.

## **Bibliografía**

1. **ADZET, J.**, Química Técnica de Tenerife., 1<sup>a</sup> ed., Igualada, España., Edit. Romanya-Valls., 2005., Pp. 25-53.
2. **ARTIGAS, M.**, Manual de Curtiembre., Avances en la curtición de pieles., 2<sup>a</sup> ed., Barcelona-España., Edit. Latinoamericana., 1987 Pp. 14, 16, 20-22.
3. **BACARDIT, A.**, Química Técnica del Cuero., 2<sup>a</sup> ed., Cataluña., España. Edit. Couso., 2004 Pp., 53-72.
4. **CASA QUÍMICA BAYER.**, Curtir, teñir, acabar., 1<sup>a</sup> ed., Munich, Alemania., Edit. BAYER., 2007., Pp 114-119.
5. **CORTEZ, D.**, Obtención de Extracto Tánico y Extracto Gálico a partir de la Harina de Vaina de Guarango (caesalpineaspinosa) (mol.) o. kuntz, a Escala Laboratorio. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo., Riobamba, Ecuador., 2012., pp. 61-85.
6. **CORDERO B.**, Tecnología de la Curtición., 1<sup>a</sup> Edición., Cuenca, Ecuador., Sin editorial., Primer tomo., 2012., Pp 28-29, 30-42.

7. **FRANKEL, A.**, Manual de Tecnología del Cuero., 2<sup>a</sup> ed., Buenos Aires, Argentina., Edit. Albatros., 2009., Pp. 118-127.
8. **FONT, J.**, Análisis y ensayos en la industria del cuero., 2<sup>a</sup> ed., Igualada, España., Edit. CETI. pp. 12-18, 40-49, 52-58.2001
9. **GRATACOS, E.**, Tecnología Química del Cuero., 1<sup>a</sup> ed., Portavella, España., Edit. Boleda Lluch., 2002., Pp. 38-42.
10. **GRAVES, R.**, La materia prima y su conservación., 2<sup>a</sup> ed., se. Igualada, España., sl., 2008., Pp. 25-28..
11. **GROZZA, G.**, Curtición de Cueros y Pieles Manual práctico del curtidor. Gius. 1<sup>a</sup> ed. Barcelona, España. .Edit. Sintés. S.A. pp 126-129. 2007.
12. **HIDALGO, L.**, Texto básico de Curtición de pieles., 1<sup>a</sup> ed., Riobamba, Ecuador., Edit. ESPOCH., 2004., Pp. 9-45.
13. **LIBREROS, J.**, Manual de Tecnología del cuero., 1<sup>a</sup> ed., Edit. EUETII., Igualada, España., 2003., pp. 12-18.
14. **MORERA, J.**, Química Técnica de Curtición., 2<sup>a</sup> Edición., Igualada, España., Editorial Escuela Superior de Adobería., Editorial CETI., 2007., Pp. 16-18.
15. **JONES, C.**, Manual de Curtición Vegetal., 1<sup>a</sup> edición., Buenos Aires, Argentina., Edit. LEMIN., 2002., Pp. 32-53.

16. **OLLÉ, LI.**, Técnicas especiales de curtido., 1ªed., Igualada, España.,Sn.,2003., Pp. 129-136.

17. **SOLER, J.**,Diseño de procesos de curtición., 2ª ed., Igualada, España., Edit. Escuela Superior de Tenerife.,2004., Pp. 177-183.

18. **THORSTENSEN, E.**,El cuero y sus propiedades en la Industria., 3ª ed., Múnich, Italia., Edit. Interamericana., 2002.,Pp 360-372.

19. **ESPAÑA.**, ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN DEL CUERO.,Norma técnica IUP 1., Generalidades y alcance de las normativas IUP., 2001.

20. **ESPAÑA.**, ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN DEL CUERO.,Norma técnica IUP 2 Muestreo en el cuero., 2001.

21. **ESPAÑA.**, ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN DEL CUERO., Norma Técnica de Calidad IUP 6., Resistencia a la tracción y elongación 2001.

**22. La piel generalidades e histología**

<http://www.cueronet.com/tecnica/lapiel.htm>

2013-04-12

**23. División de la piel**

[http://www.cueronet.com/tecnica/div\\_superficie.htm](http://www.cueronet.com/tecnica/div_superficie.htm)

2013-01-10

**24. El guarango y sus aplicaciones**

<http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/UPLCS/File/Curtido%20EAN.pdf>

2012-12-04

**25. El guarango en el ecuador**

[http://www.terraecuador.net/revista\\_54/54\\_guarango.html](http://www.terraecuador.net/revista_54/54_guarango.html)

2012-12-28

**26. Importancia de la siembra del guarango**

<http://www.bosquesandinos.info/ECOBONA/PROYECTO GUARANGOTARALLOJA/GuarangowebGPL.pdf>

2013-02-12

# **ANEXOS**

## Anexo I

Formulación de pelambre

Peso promedio por piel bovina 28.5 KG

PROCESO	OPERACIÓN	PRODUCTO	PORCENTAJE	CANTIDAD	TEMPERATURA	TIEMPO	
Pelambre					°C	Minutos	
	Baño	Agua	100	28.5 l	Ambiente	10	
		Sulfuro de Sodio	0.4	114 g		10	
		Sulfuro de Sodio	0.4	114g		10	
		Agua	50	14.25 l	Ambiente	10	
		Sal	0.5	142.5 g		30	
		Sulfuro de Sodio	0.5	142.5 g		30	
		Cal	1	285 g		30	
		Cal	1	285 g		30	
		Cal	1	285 g		3 horas	
	Reposar el bombo por 20 horas, rodando 5 minutos cada hora Rodar 30 minutos y botar baño						
	Baño	Agua	200	57 l	Ambiente	20	
	Botar el baño						
	Baño	Agua	100	28.5 l	Ambiente	30	
		Cal	1	285 g			
	Botar baño						
	Recoger y perchar las piles						
Lavar el bombo							

### Anexo III

#### Formulación desencalado

PROCESO	OPERACIÓN	PRODUCTO	PORCENTAJE	CANTIDAD	TEMPERATURA	TIEMPO	
DESENCALADO					°C	minutos	
	Baño	Agua	200	75 l	25	30	
	Baño	Agua	200	75 l		60	
	Baño	Agua	100	37.5 l		60	
		Bisulfito de Sodio	1	375 g	60		
		Formiato de Sodio	1	375 g			
	Baño	Agua	200	75 l	25	20	
	Baño	Agua	100	37.5 l	35	40	
		Rindente o Purga	0.5	187.5 g			
	Botar baño						
	Recoger y perchar las piles						
	Lavar el bombo						

### Anexo III

#### Formulación rendido y purga

PROCESO	OPERACIÓN	PRODUCTO	PORCENTAJE	CANTIDAD	TEMPERATURA	TIEMPO	
					°C	Minutos	
Rendido y Purgado	Baño	Agua	200	75 l	Ambiente	20	
	Botar el baño						
	Baño	Agua		100	37.5 l	Ambiente	10
		Sal		5	1875 g		
	adicion por embudo	Ácido fórmico diluido 1:10		1.4	525 g	Ambiente	20
		1 <sup>era</sup> parte diluida			1750 g		20
		2 <sup>da</sup> parte			1750 g		60
		3 <sup>era</sup> parte			1750 g		
	adicion por embudo	Ácido fórmico diluido 1:10		0.4	150 g	Ambiente	20
		1 <sup>era</sup> parte diluida			500 g		20
		2 <sup>da</sup> parte			500 g		20
		3 <sup>era</sup> parte			500 g		20
	Botar el baño						
	Recoger y perchar las piles						
Lavar el bombo							

**Anexo IV**

## Formulación recurtido

<b>PROCESO</b>	<b>PRODUCTO</b>	<b>%</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>TEMPERATURA °C</b>	<b>TIEMPO Minutos</b>	
RECURTIDO	Agua	200	17 L	25 °C	20	
	Tenso activo deja	0,2	17 g			
	Ácido fórmico	0,2	17 g			
	Deslizante	1	85 g		30	
	Botar el baño					
	Agua	80	6.8 L	30 °C	40	
	Cromo	2	170 g			
	Glutar-aldehido	2	170 g			
	Botar el baño					
	Agua	100	8.5 L	35 °C	60	
	Formiato de sodio	1,5	127.5 g			
	Bicarbonato de amonio	1,5	127.5 g			
	Botar el baño					
	Recoger y perchar las pieles					
	Lavar el bombo					

## Anexo V

### Formulación tintura y engrase

PROCESO	PRODUCTO	%	CANTIDAD	TEMPERATURA °C	TIEMPO Minutos
TINTURA	Agua	300	25.5 L	30 °C	40
	Botar el baño				
	Agua	50	4.25 L	50 °C	10
	Dispersante	1	85 g		
	Anilina en polvo	4	340 g		40
	Rellenante de faldas	2	170 g		
	Estireno maleico	3	255 g		40
ENGRASE	Agua	150	12.75 L	70 °C	60
	Ester fosfórico	7	595 g		
	Aceite hidrogenado de pescado	6	510 g		
	Lanolina	1	85 g		
	Ácido fórmico	0,75	573.75 g		10
	Ácido fórmico	0,75	573.75 g		10
	Etanalww	0,5	42.5 g		10
	Anilina disuelta	0,5	42.5 g	70 °C	10
	Ácido fórmico	0,5	42.5 g		10
	Anilina disuelta	0,5	42.5 g	70 °C	10
	Aceite catiónico hidrofugante	1	85 g		20
	Botar el baño				
	Agua	200	17 L	Ambiente	20
	Botar el baño				
	Perchar				
Secar					

## Anexo VI

### Bombos

- Bombo de curtido



- Bombo de recurtido



## Anexo VII

Zona de terminado

- Compresor



- Malla de pintado



## Anexo VIII

Salado y corte de las pieles.

- Pieles saladas



- Corte de las pieles



## Anexo IX

### Remojo y pelambre

- Piel remojada



- Piel pelambrada



## Anexo X

Desencalado, rendido, purga, piquelado y curtido

- Piel precurtida (Desencalado, rendido, purga, piquelado)



- Piel curtida

