



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS PECUARIAS

**EVALUACIÓN DE LA CURTICIÓN DE PIELES DE TERNERO A DIFERENTES
NIVELES DE LICOR DE CURTIENTE MINERAL PARA ARTÍCULOS DE
CONFECCIÓN**

TRABAJO DE TITULACIÓN
Previa a la obtención del título de
INGENIERO EN INDUSTRIAS PECUARIAS

AUTOR

ERIKA TATIANA OLAYA ZAVALA

RIOBAMBA - ECUADOR

2015

El trabajo de titulación fue aprobada por el siguiente tribunal

Ing. M.C. Paul Marcelo Manobanda Pinto.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing M.C. Luis Eduardo Hidalgo Almeida.
DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Dra. MC. Georgina Hipatia Moreno Andrade.
ASESOR DE DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Riobamba, 11 de junio 2015.

AGRADECIMIENTO

Si enunciara los nombre de todas las personas a quienes les tengo tan grande gratitud, de verdad no me alcanzarían las hojas, así que de manera general quiero extender mis más sinceros y profundos agradecimientos a todos los seres magníficos que a lo largo de estos 5 años me han brindado su apoyo incondicional.

Un agradecimiento especial e infinito a mi familia que ha estado ahí siempre dispuesta a darme una mano, un consejo o simplemente una palabra de aliento.

Y desde luego mil gracias a mi querida Facultad de Ciencias Pecuarias y a todos quien la conforman.

Gracias.

DEDICATORIA

A ti, que con tus sabios consejos, tu dedicación y sobre todo con tu amor has conseguido guiarme por este duro y corto camino llamado vida.

A ti, que con tus enseñanzas y ejemplos has moldeado y conseguido que sea la persona que hoy soy.

A ti, que con tus esfuerzos, valor y sacrificio lograste que yo alcanzara esta meta, las dos más que nadie sabemos que no ha sido fácil pero lo ¡logramos!

Para ti y por ti, madre y amiga, Betty Zavala.

RESUMEN

En las instalaciones del laboratorio de curtiembre de la FCP - ESPOCH, se realizó la curtición de pieles de ternero utilizando diferentes niveles de licor de curtiente mineral (12, 14 y 16%), para artículos de confección, se utilizaron 3 tratamientos, con 4 repeticiones y en dos ensayos consecutivos dando un total de 24 unidades experimentales, modelados bajo un diseño completamente al azar, en arreglo bifactorial. Los resultados infieren que con la aplicación del 16% de licor curtiente mineral se registró la mayor resistencia a la tensión (1625,33 N/cm²), y temperatura de contracción (96,63°C), en tanto que el mayor porcentaje de elongación fue con el 12% de licor curtiente (26,63%), superando las exigencias de calidad establecidas en las normas internacionales del cuero. La valoración sensorial determinó los resultados más altos con el 16% de licor curtiente, con blanduras de 4,63 puntos, tacto 4,38 puntos y tamaño del grano 4,75 puntos. La curtición con licores de cromo permitió solucionar un problema muy grave que se presenta en el sector curtidor como es el exceso de cromo III, nocivo para la salud humana, animal y vegetal. La utilización del 16% de licor de cromo permitió obtener mayores rentabilidades en las pieles de ternera puesto que la relación beneficio costo está en 1,23 es decir que por cada dólar invertido se espera una ganancia del 23%. Por lo que se recomienda realizar una curtición con 16% (T3), de licor curtiente mineral cromo pues se mejoran las resistencias físicas y las calificaciones sensoriales del cuero.

ABSTRACT

In the laboratory of the LCF-ESPOCH tannery, leather tanning calf using different levels of tanning liquor (12, 14, 16%), for articles of clothing, it was made three treatments were used, with 4 repetitions and in two consecutive tests for a total of 24 experimental units, modeled under completely randomized design, in bifactorial arrangement. The results infer that with the application of 16% of mineral tanning liquor as tensile strength (1625.33 N/cm²) and shrinkage temperature (96.63°C) was recorded, whereas the highest percentage of elongation was 12% of tanning (26.33%) liquor, surpassing quality requirements established in leather international standard. Sensory evaluation determined the highest results with 16% of tanning liquor, with softness of 4.63 points, 4.38 points and touch grain size of 4.75 points. The chrome tanning liquors allowed to solve a very serious problem that arises in the tannery sector as excess chromium III, harmful to human, animal and plant health. The use of 16% chromium liquor yielded higher returns in the skins of calf, since the benefit-cost is 1.23 meaning that for every dollar invested a gain of 23% is expected. It is recommended that tanning with 16% (T3) of mineral chromium tanning liquor, for physical resistance and sensory scores improved leather.

CONTENIDO

	Pág.
Resumen	v
Abstract	vi
Lista de Gráficos	vii
Lista de Cuadros	viii
Lista de Anexos	ix
I. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
II. <u>REVISIÓN DE LITERATURA</u>	3
A. ESTUDIO DE LA PIEL	3
1. <u>Piel bovina</u>	5
B. PIELES DE TERNERO	9
C. CURTICIÓN AL CROMO	10
1. <u>Química de las sales de cromo</u>	12
2. <u>Formación de complejos</u>	12
a. Naturaleza de los ligantes de coordinación – agentes enmascarantes	13
1). <u>Hidrólisis de las sales de cromo</u>	15
b. Teoría de la curtición mineral de la naturaleza de la combinación cromo colágeno	16
c. Teoría de las uniones coordinadas	17
3. <u>Representación esquemática de la reacción proteína curtiente</u>	18
4. <u>Factores que intervienen en la curtición al cromo – concepto prácticas</u>	19
a. pH – basicidad	19
b. Naturaleza del complejo –Agentes enmascarantes	20
D. PROBLEMAS ASOCIADOS AL CROMO TRIVALENTE	21
1. <u>Sustitución del cromo III</u>	22
2. <u>Reducción, reutilización y reciclado del cromo III</u>	23
E. VENTAJAS DE LA CURTICIÓN CON LICORES DE CROMO	24
1. <u>Por qué utilizar licores de cromo</u>	26
2. <u>Qué es el cromo en polvo</u>	28
F. EXIGENCIAS DE CALIDAD DEL CUERO PARA VESTIMENTA	31
1. <u>Directrices y recomendaciones de calidad</u>	32

III.	<u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	35
A.	LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO	35
B.	UNIDADES EXPERIMENTALES	35
C.	MATERIALES, EQUIPOS E INSTALACIONES	36
1.	<u>Materiales</u>	36
2.	<u>Equipos</u>	36
3.	<u>Productos químicos</u>	37
D.	TRATAMIENTO Y DISEÑO EXPERIMENTAL	38
E.	MEDICIONES EXPERIMENTALES	40
1.	<u>Físicas</u>	40
2.	<u>Sensoriales</u>	40
3.	<u>Económicas</u>	40
F.	ANÁLISIS ESTADÍSTICOS Y PRUEBAS DE SIGNIFICANCIA	40
G.	PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	41
1.	<u>Remojo</u>	41
2.	<u>Embadurnado</u>	41
3.	<u>Pelambre en bombo y calero</u>	41
4.	<u>Desencalado y rendido</u>	42
5.	<u>Piquelado</u>	42
6.	<u>Curtido mineral</u>	43
7.	<u>Perchado y raspado</u>	43
8.	<u>Neutralizado y recurtido</u>	43
9.	<u>Tintura y engrase</u>	44
10.	<u>Aserrinado, ablandado y estacado</u>	44
H.	METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN	45
1.	<u>Análisis sensorial</u>	45
2.	<u>Análisis de laboratorio</u>	46
a.	Resistencia a la tensión	46
b.	Porcentaje de elongación	47
c.	Temperatura de contracción del cuero	48
IV.	<u>RESULTADOS Y DISCUSION</u>	49
A.	EVALUACIÓN DE LAS RESISTENCIAS FÍSICAS DE LAS PIELES DE TERNERO CURTIDAS CON DIFERENTES	49

NIVELES DE LICOR DE CURTIENTE MINERAL

1.	<u>Resistencia a la tensión</u>	49
a.	Por efecto del nivel de licor de curtiembre mineral	49
b.	Por efecto de los ensayos	54
c.	Por efecto de la interacción niveles de curtiembre mineral por los ensayos	56
2.	<u>Porcentaje de elongación</u>	58
a.	Por efecto del nivel de licor de curtiembre mineral	58
b.	Por efecto de los ensayos	61
c.	Por efecto de la interacción niveles de curtiembre mineral por los ensayos	64
3.	<u>Temperatura de contracción</u>	66
a.	Por efecto del nivel de licor de curtiembre mineral	66
b.	Por efecto de los ensayos	70
c.	Por efecto de la interacción niveles de curtiembre mineral por los ensayos	72
B.	EVALUACIÓN DE LAS CALIFICACIONES SENSORIALES DE LAS PIELS DE TERNERO CURTIDAS CON DIFERENTES NIVELES DE LICOR DE CURTIENTE MINERAL	75
1.	<u>Blandura</u>	75
a.	Por efecto del nivel de licor de curtiembre mineral	75
b.	Por efecto de los ensayos	78
c.	Por efecto de la interacción niveles de curtiembre mineral por los ensayos	81
2.	<u>Tacto</u>	84
a.	Por efecto del nivel de licor de curtiembre mineral	84
b.	Por efecto de los ensayos	87
c.	Por efecto de la interacción niveles de curtiembre mineral por los ensayos	88
3.	<u>Tamaño del grano</u>	93
a.	Por efecto del nivel de licor de curtiembre mineral	93
b.	Por efecto de los ensayos	96
c.	Por efecto de la interacción niveles de curtiembre mineral por los	98

ensayos	
C. ANÁLISIS DE CORRELACIÓN ENTRE VARIABLES FÍSICAS Y SENSORIALES DE LAS PIELES DE TERNERO CURTIDAS CON DIFERENTES NIVELES DE LICOR DE CURTIENTE MINERAL	102
D. EVALUACIÓN ECONÓMICA	104
V. <u>CONCLUSIONES</u>	106
VI. <u>RECOMENDACIONES</u>	107
VII. <u>LITERATURA CITADA</u>	108
ANEXOS	

LISTA DE CUADROS

N°		Pág.
1.	MÁRGENES DE PESO UTILIZADOS EN EL COMERCIO DE LAS PIELES EN BRUTO.	8
2.	CURTICIÓN CON LICORES DE CROMO.	30
3.	DIRECTRICES PARA CONFECCIÓN.	34
4.	CONDICIONES METEOROLÓGICAS DEL CANTÓN RIOBAMBA.	35
5.	ESQUEMA DEL EXPERIMENTO.	39
6.	ESQUEMA DEL ADEVA.	39
7.	EVALUACIÓN DE LAS RESISTENCIAS FÍSICAS DE LAS PIELES DE TERNERO CURTIDAS CON DIFERENTES NIVELES DE LICOR DE CURTIENTE MINERAL.	50
8.	EVALUACIÓN DE LAS RESISTENCIAS FÍSICAS DE LAS PIELES DE TERNERO CURTIDAS CON DIFERENTES NIVELES DE LICOR DE CURTIENTE MINERAL, POR EFECTO DE LOS ENSAYOS.	62
9.	EVALUACIÓN DE LAS RESISTENCIAS FÍSICAS DE LAS PIELES DE TERNERO POR EFECTO DE LA INTERACCIÓN ENTRE LOS DIFERENTES NIVELES DE LICOR DE CURTIENTE MINERAL Y LOS ENSAYOS.	73
10.	EVALUACIÓN DE LAS CALIFICACIONES SENSORIALES DE LAS PIELES DE TERNERO CURTIDAS CON DIFERENTES NIVELES DE LICOR DE CURTIENTE MINERAL.	76
11.	EVALUACIÓN DE LAS CALIFICACIONES SENSORIALES DE LAS PIELES DE TERNERO CURTIDAS CON DIFERENTES NIVELES DE LICOR DE CURTIENTE MINERAL POR EFECTO DE LOS ENSAYOS.	89
12.	EVALUACIÓN DE LAS CALIFICACIONES SENSORIALES DE LAS PIELES DE TERNERO POR EFECTO DE LA INTERACCIÓN ENTRE LOS DIFERENTES NIVELES DE LICOR DE CURTIENTE MINERAL Y LOS ENSAYOS.	99
13.	ANÁLISIS DE CORRELACIÓN ENTRE VARIABLES FÍSICAS Y SENSORIALES DE LAS PIELES DE TERNERO CURTIDAS CON DIFERENTES NIVELES DE LICOR DE CURTIENTE MINERAL.	103

LISTA DE GRÁFICOS

N°		Pág.
1.	Histología de la piel.	5
2.	Teoría de Werner del equilibrio químico del agua.	15
3.	Diagrama del punto isoeléctrico (PI), de la proteína del colágeno	16
4.	Comportamiento de la resistencia a la tensión de las pieles de ternero curtidas con diferentes niveles de licor de curtiente mineral.	51
5.	Regresión de la resistencia a la tensión de las pieles de ternero curtidas con diferentes niveles de licor curtiente mineral.	53
6.	Evaluación de la resistencia a la tensión de las pieles de ternero curtidas con diferentes niveles de licor de curtiente mineral por efecto de los ensayos.	55
7.	Comportamiento de la resistencia a la tensión de las pieles de ternero por efecto de la interacción entre los diferentes niveles de licor de curtiente mineral y los ensayos.	57
8.	Comportamiento del porcentaje de elongación de las pieles de ternero curtidas con diferentes niveles de licor de curtiente mineral.	59
9.	Regresión del porcentaje de elongación de las pieles de ternero curtidas con diferentes niveles de licor curtiente mineral.	61
10.	Comportamiento de la resistencia a la tensión de las pieles de ternero curtidas con diferentes niveles de licor de curtiente mineral, por efecto de los ensayos.	63
11.	Comportamiento del porcentaje de elongación de las pieles de ternero por efecto de la interacción entre los diferentes niveles de licor de curtiente mineral y los ensayos.	65
12.	Comportamiento de la temperatura de contracción de las pieles de ternero curtidas con diferentes niveles de licor de curtiente mineral.	67
13.	Regresión de la temperatura de contracción de las pieles de ternero curtidas con diferentes niveles de licor curtiente mineral.	69
14.	Comportamiento de la resistencia a la tensión de las pieles de ternero curtidas con diferentes niveles de licor de curtiente mineral, por efecto de los ensayos.	71

15.	Comportamiento de la temperatura de contracción de las pieles de ternero por efecto de la interacción entre los diferentes niveles de licor de curtiente mineral y los ensayos.	74
16.	Comportamiento de la blandura de las pieles de ternero curtidas con diferentes niveles de licor de curtiente mineral.	77
17.	Regresión de la blandura de las pieles de ternero curtidas con diferentes niveles de licor curtiente mineral.	79
18.	Comportamiento de la blandura de las pieles de ternero curtidas con diferentes niveles de licor de curtiente mineral, por efecto de los ensayos.	80
19.	Comportamiento de la blandura de las pieles de ternero por efecto de la interacción entre los diferentes niveles de licor de curtiente mineral y los ensayos.	82
20.	Evaluación del tacto de pieles de ternero por efecto del uso diferentes niveles de licor de curtiente mineral.	85
21.	Regresión del tacto de las pieles de ternero curtidas con diferentes niveles de licor curtiente mineral.	87
22.	Comportamiento del tacto de las pieles de ternero curtidas con diferentes niveles de licor de curtiente mineral, por efecto de los ensayos.	90
23.	Comportamiento del tacto de las pieles de ternero por efecto de la interacción entre los diferentes niveles de licor de curtiente mineral y los ensayos.	92
24.	Comportamiento del tamaño del grano de las pieles de ternero curtidas con diferentes niveles de licor de curtiente mineral.	94
25.	Regresión del tacto de las pieles curtidas con diferentes niveles de licor curtiente mineral.	96
26.	Comportamiento del tamaño de grano de las pieles de ternero curtidas con diferentes niveles de licor de curtiente mineral, por efecto de los ensayos.	97
27.	Comportamiento de la resistencia a la tensión de las pieles de ternero por efecto de la interacción entre los diferentes niveles de licor de curtiente mineral y los ensayos.	101

LISTA DE ANEXOS

N°

1. Resistencia a la tensión de las pieles de ternero curtidas por efecto de los diferentes niveles de licores de cromo.
2. Porcentaje de elongación de las pieles de ternero curtidas por efecto de los diferentes niveles de licores de cromo.
3. Temperatura de contracción de las pieles de ternero curtidas por efecto de los diferentes niveles de licores de cromo.
4. Blandura de las pieles de ternero curtidas por efecto de los diferentes niveles de licores de cromo.
5. Tacto de las pieles de ternero curtidas por efecto de los diferentes niveles de licores de cromo.
6. Tamaño de Grano de las pieles de ternero curtidas por efecto de los diferentes niveles de licores de cromo.
7. Receta del proceso de ribera de las pieles de ternero curtidas con diferentes niveles de licores de cromo
8. Receta para el proceso de desencalado
9. Receta para el proceso de desengrase de pieles de ternero curtidas con diferentes niveles de licores de cromo
10. Receta para el proceso de desengrase de pieles de ternero curtidas con diferentes niveles de licores de cromo
11. Receta para el piquelado II
12. Receta para acabados en húmedo de pieles de ternero curtidas con diferentes niveles de licores de cromo

I. INTRODUCCIÓN

Las pieles de animales han sido utilizadas por los humanos durante miles de años. Las culturas antiguas aprendieron de manera independiente la forma de transformar la piel en cuero. Los indios norteamericanos transformaban la piel confeccionándola en forma de arte. La ciencia del siglo veintiuno aún no ha inventado una tela que la pueda reemplazar. La piel de vacuno y mucho más si es de ternero tiene muchas propiedades haciéndola un material superior para la tapicería, ropa, sombreros, bolsas de mano y calzado. Es más fina y delicada, pero resistente y menos propensa a romperse que otro tipo de piel animal, incluyendo el cuero de caballo, y la piel del ovino. En la ganadería de leche los terneros machos recién nacidos muchas veces son vendidos a bajos costos, otros son sacrificados, además en la ganadería en general existen terneros que mueren, por lo que una alternativa para incrementar los ingresos y obtener un mejor beneficio es la utilización de sus pieles en la curtición, ya que estas son de alta calidad al ser jóvenes y sin ninguna clase de cicatrices.

Actualmente el medio ambiente está pasando por circunstancias difíciles, la contaminación cada vez es más alta y uno de los factores causantes de este impacto son las industrias, en las que están incluidas las Curtiembres, quienes son altamente contaminantes por los agentes químicos utilizados en sus procesos de transformación de pieles en cueros específicamente el cromo que está pasando un proceso de limitación en su uso y al cual es necesario tratarlo con tecnologías limpias; como es el uso de licores de cromo que disminuyen su poder contaminante, constituyéndose; en una, tecnología limpia que mitiga los efectos contaminantes del proceso productivo, para evitar el cierre de la empresa por parte de los organismos de control de nuestro país. En el Ecuador existen algunas empresas dedicadas a la curtición, que en su mayoría cuentan con procesos que contaminan sin medida al medio ambiente, los mismos que se han venido practicando por años sin un control alguno y sin conciencia del impacto y daño que se está generando a diario. La piel de vaca luce bien teñida o al natural. Es durable, envejece bien y dura hasta cinco veces más que las telas. Sus propiedades de blandura y resistencia a la ruptura y perforación son altas, repele

de forma natural la humedad, retiene su forma y resiste el daño del sol y del calor. El proceso de curtido transfiere a la piel cualidades de elasticidad, flexibilidad e impermeabilidad, distintas a las de la piel fresca original, Para que una sal inorgánica tenga capacidad curtiente, es necesario que su solución acuosa se hidrolice y que las sales básicas formadas se mantengan en solución de cara a penetrar dentro la piel y reaccionar con ella, como es el caso de los licores de cromo, con menor poder contaminante.

En las industrias curtidoras el cromo es un metal pesado ampliamente utilizado genera descargas líquidas identificadas como licores agotados del curtido, y presentan mayor o menor descarga de cromo III, en función de la absorción de cromo por la piel tratada, la descarga de los licores de curtido depende de la percepción del operario quien a criterio personal decide la eliminación o el reciclaje del mismo desconociendo la concentración final de cromo descargado que por otro lado el reglamento a la ley del medio ambiente establece que el límite permisible diario en aguas de descarga es de 1 ppm de cromo III, de lo expuesto surge la necesidad de conocer la concentración de cromo en los licores de curtido y en las descargas finales lo que obliga a los empresarios curtidores soliciten servicios de análisis, por lo cual los objetivos planteados para la presente investigación fueron:

- Determinar el mejor nivel de licor de curtiente mineral (12, 14 o 16%) en la curtición de pieles de ternero.
- Analizar las características físicas de la piel de ternero curtida con diferentes niveles de licor de curtiente mineral, para comparar con las exigencias de calidad de las normas técnicas del cuero.
- Determinar las propiedades sensoriales del cuero de ternero a través de la apreciación de los sentidos y que serán evaluadas en una escala de ponderación, y el comportamiento del cuero en la confección de artículos de vestimenta.
- Determinar el costo de producción de cada uno de los tratamientos.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

A. ESTUDIO DE LA PIEL

Juran, J. (2003), menciona que la piel es la estructura externa de los cuerpos de los animales. Es una sustancia heterogénea, generalmente cubierta con pelos o lana y formada por varias capas superpuestas. Esta envoltura externa ejerce una acción protectora: pero al mismo tiempo también cumple otras funciones como:

- Regular la temperatura del cuerpo.
- Eliminar sustancias de desecho.
- Albergar órganos sensoriales que nos faciliten la percepción de las sensaciones térmicas, táctiles y sensoriales.
- Almacenar sustancias grasas.
- Proteger el cuerpo de la entrada de bacterias.

Lacerca, M. (2003), reporta que la piel responde a los cambios fisiológicos del animal, reflejándose sobre ellas muchas características importantes y específicas tales como: edad, sexo, dieta, medio ambiente y estado de salud. La transformación de la piel de un animal en cuero, lo conoce el consumidor en forma de zapatos, billeteras, cinturones, bolsos, chaquetas, etc. Cada uno de estos artículos tiene una finalidad y como tal, requiere también de su propio procedimiento de fabricación. Una vez se tiene elaborado el cuero, se distribuye a los compradores que son los almacenistas o los manufactureros.

Para <http://www.guanajuato.guamexico.com>.(2014), como es sabido, la piel está formada principalmente por proteínas, si se mantuviera en su estado de origen se estropearía, así que es necesario tratarla. Las primeras operaciones que recibe la piel se conocen entre los profesionales como “procesos húmedos o de ribera”; puesto que se requiere de la presencia continuada del líquido elemento. Estas operaciones son las de: Remojo, depilado, calcinado, descarnado, dividido, desencalado, rendido, desgrasado y el piquelado. Esto en cuanto a las

operaciones de ribera, también se realizan en húmedo las operaciones de curtido, neutralizado, recurtido, teñido y engrase. La piel que llega de los almacenes de conservación, tiene generalmente tres capas bien diferenciadas, la epidermis, la dermis y la subcutánea o endodermis; en los tratamientos posteriores de obtención del cuero la mayoría de las veces se eliminan la epidermis y la capa subcutánea, quedando solamente la dermis. La dermis está constituida fundamentalmente de fibras de una proteína llamada colágeno, pero también contiene fibras elásticas, de reticulina, vasos sanguíneos, nervios, células grasas y tejido muscular. La composición porcentual de estos componentes varía gráficamente de la capa superior llamada "flor" hasta la capa inferior llamada "carne". Esta composición y porcentaje entre diferentes aminoácidos que forman el colágeno, varía también entre diferentes especies (una piel de oveja, es muy diferente a 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 ninguna piel que se comporte exactamente igual.

Libreros, J. (2003), señala que la piel animal se compone de tres capas diferenciadas: la epidermis (capa exterior), el tejido conjuntivo (capa dermís) y el tejido subcutáneo. Durante el tratamiento de la piel la dermis debe separarse de las otras. Observando al microscopio un corte transversal de una piel fresca de bovino es: fácil diferenciar sus constituyentes: los pelos; una delgada capa externa, la epidermis, y una ancha capa media, la dermis, en esta capa que constituirá la piel pueden distinguirse a simple vista las dos capas que la forman: la capa superior, es la capa papilar, atravesada, por orificios capilares y salidas de las excreciones producidas por las glándulas sebáceas y sudoríparas. Cada piel posee un dibujo granular distinto, que le confiere su atractivo particular, esto se debe a que está limitada exteriormente por una membrana que cierra sus poros y cuyas sinuosidades constituyen la grana natural o flor del cuero.

Según <http://www2.inecc.gob.mx> (2014), bajo la capa papilar se encuentra la capa reticular, compuesta, principalmente por un gran número de filamentos cruzados responsables de la resistencia y la solidez de la piel. En la piel bovina encontramos que la relación entre la capa papilar y reticular es de 1 a 3,5; es

decir, se trata de una piel muy sólida. La dermis contiene un 90% de proteínas, en su mayor parte colágeno. Al preparar la piel se tiene en cuenta las propiedades de las moléculas de colágeno, que absorben fácilmente el agua y ligan las distintas sustancias del tratamiento, en el gráfico 1, se ilustra la histología de la piel.

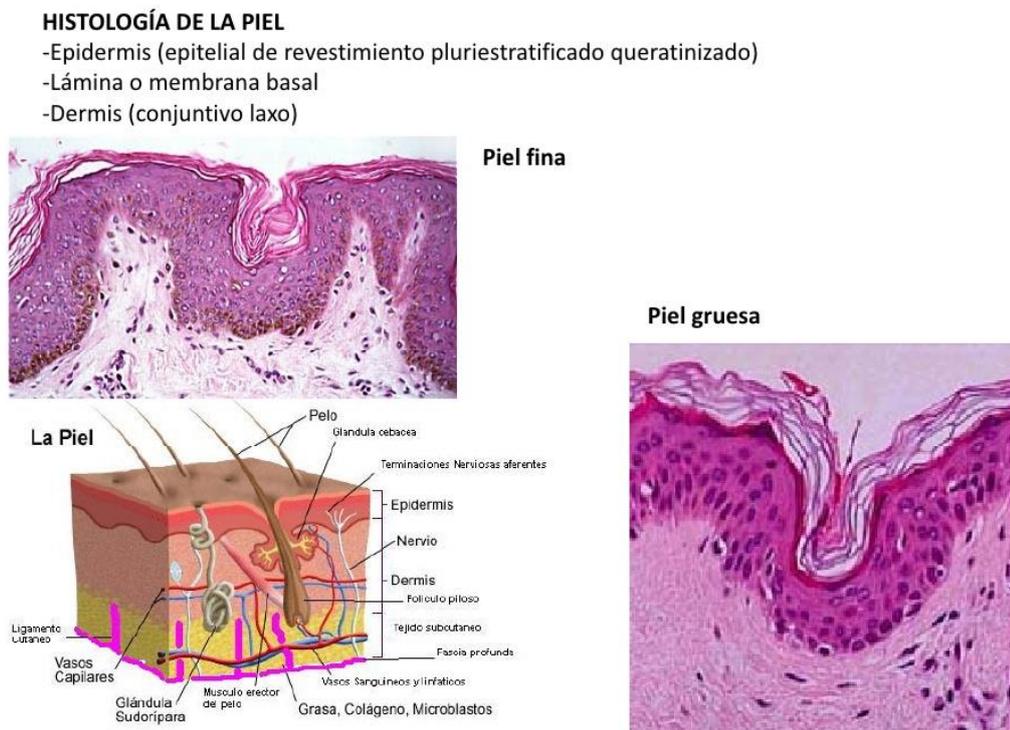


Gráfico 1. Histología de la piel.

1. Piel bovina

Para <http://wwwpielbovina.com>.(2014), 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 sangre, 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% 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. Las pieles que más interesan por su volumen de faena son las vacunas, tanto en verde como conservadas. 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.

Según <http://www.vegacarcer.com>.(2014), 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 fueron 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 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.

Portavella, M. (2005), refiere que 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. En cambio, los bovinos que no reciben una alimentación racional, que se los somete a excesos de trabajo, dan pieles mal conformadas y de poco valor. Generalmente considerado, son determinantes, los siguientes factores, para la elevación de las propiedades del "Producto natural cuero" en comparación, con los materiales de reemplazo sintéticos:

- 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 punzonado, 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 que 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.

Para <http://www.icatech.gob.mx>.(2014), en la práctica industrial las pieles se clasifican según su tamaño y naturaleza del animal en terneras, 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 en bruto se indican en el cuadro 1:

Cuadro 1. MÁRGENES DE PESO UTILIZADOS EN EL COMERCIO DE LAS PIELES EN BRUTO.

CONCEPTO	Pequeña	Mediana	Grande
Ternereras	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: <http://www.icatech.gob.mx>.(2014).

Ullman, T. (2006), indica que los cueros y pieles difieren en su estructura según sean los hábitos de vida del animal, la estación del año, la edad, el sexo y la crianza que hayan recibido. La constitución de la piel, en cualquier estado de conservación en que se encuentre, pero sin alteraciones, es de gran importancia en el resultado final del cuero luego de la curtición. Un buen cuero proviene de pieles de espesor uniforme, sanas y de buena resistencia, una piel delgada, de conformación débil y quebradiza da un producto que una vez industrializado, posee características que lo relegan a destinos inferiores. De animales de razas poco seleccionadas, enfermos o muertos por enfermedad, se obtienen pieles que al transformarlas en cueros, desvirtúan su propiedad natural; en cambio, de animales sanos, de cruza selectas y sacrificados en establecimientos adecuados, los cueros, si los tratamientos de curtición son los adecuados, serán resistentes, suaves y flexibles.

Luck, N. (2009), manifiesta que las pieles que más interesan por su volumen de faena son las vacunas, tanto en verde como conservadas. 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 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.

Para <http://www.cortolima.gov.com>.(2014), 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. En cambio, los bovinos que no reciben una alimentación racional, que se los somete a excesos de trabajo, dan pieles mal conformadas y de poco valor.

B. PIELES DE TERNERO

Schorlemmer, P. (2002), sugiere que se refieren indistintamente a las pieles de animales machos y hembras. En la piel de ternera 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 ternera 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 terneras generalmente, son animales jóvenes, destinados para carne.

Con frecuencia es difícil determinar la identidad de diferentes materiales. La piel sintética, por ejemplo, puede verse muy parecida a la piel genuina, dificultando determinar su origen real. El cuero de ternero es un tipo de piel altamente valioso, es muy suave y flexible y se pule dando un gran brillo. Debido a su flexibilidad y brillo, es ideal para crear zapatos y guantes de gran calidad. Aprender a identificar el cuero de ternero real puede ser engañoso, pero siempre habrá maneras de ayudarte a identificar una pieza auténtica de esta piel. Para determinar si un cuero es natural se deberá:

- Se percibirá el objeto en cuestión, es decir el artículo confeccionado, si es una pieza recién fabricada con cuero de ternero, olerá, sin error ninguno a piel. Si es una pieza de piel sintética, tendrá un olor a plástico. Las piezas antiguas de ambos materiales tienden a perder su olor original.
- Tocar el objeto. El cuero de ternero auténtico es muy suave y plegable y se dobla al tocarlo. El cuero sintético no se estirará tan fácil y no se puede doblar fácilmente.
- Oprimir el objeto entre dos dedos. Suelta el material. Si se queda una arruga y lentamente desaparece, el artículo es casi seguro que sea de cuero de ternero. Si no se marca una arruga, entonces es sintético.
- Observa la apariencia del artículo. El cuero de ternero auténtico tiene poros pequeños que casi no se ven y tiene un patrón irregular, mientras que los poros sobre un cuero sintético se ven fácilmente y mantienen un patrón regular.

C. CURTICIÓN AL CROMO

Ludwigshafe, P. (2009), indica que la curtición al cromo se realiza con sales de coordinación básicas de cromo trivalente. Para obtener esas sales curtientes de plomo en la piel que se quiere curtir, se emplean dos procedimientos. En el procedimiento de curtición de dos baños, empleado principalmente con las pieles de cabra y cabrito, se añade el cromo a la piel en forma de dicromato sódico

acidificado con ácido sulfúrico. Las sales trivalentes de cromo se obtienen por reducción en la piel, añadiendo tiosulfato de sodio como reductor, seguido por neutralización para obtener el sulfato crómico básico. En el procedimiento de un solo baño, que es el más empleado, se realiza la reducción en el baño antes de introducir en él la piel. Dentro de la curtición mineral, es decir aquella realizada con productos inorgánicos, la más empleada es la que utiliza las sales de cromo como material curtiente. La introducción de la curtición al cromo como procedimiento de trabajo en la industria se realizó en América en el año 1933; la piel se trataba con solución de bicromato acidificado y luego con solución de tiosulfato, obteniéndose un cuero al cromo aceptable e inaugurándose así el camino para el procedimiento de curtición a dos baños.

Ullman, T. (2006), afirma que actualmente la curtición al cromo se realiza con un procedimiento que emplea sales básicas de cromo en un solo baño. Este proceso está basado en la reacción entre la piel y una sal de cromo trivalente, usualmente sulfato básico de cromo. En el proceso de un solo baño, cuando se agrega el agente curtiente las pieles están en un estado de piquelado a un pH de 3,5 o menor. A estos valores de pH la afinidad de la sal curtiente por la proteína es baja teniendo lugar una penetración del cromo en la piel. Luego de la penetración del material curtiente se aumenta el pH provocándose cambios en la sal de cromo y en la proteína de la piel que favorecen la reacción entre ellos. Al término de la reacción se dice que el cuero está curtido al cromo, y en estas condiciones ya tiene estabilidad hidrotérmica. Los aspectos físico-químicos del proceso de curtición y los posibles mecanismos de reacción son complicados. En ellos intervienen varias reacciones simultáneas y competitivas, y es a través de un adecuado balance de éstas, lo cual se logra controlando condiciones como temperatura, pH y curtientes empelados, que la curtición puede conducirse adecuadamente.

Luck, N. (2009), infiere que para una mejor comprensión del mecanismo o mecanismo que interpretan la reacción entre la proteína de la piel y el agente curtiente, como así también de las distintas variables que gobiernan el proceso de curtición, es importante tener presente algunos conocimientos básicos de la química de las sales de cromo.

1. Química de las sales de cromo

Cantera, A. (2009), reporta que entre las sales minerales empleadas (sales de: cromo, hierro, aluminio, zirconio) las de cromo son las más importantes. El átomo de cromo en las sales curtientes tiene un estado de oxidación de +3. Los compuestos de cromo hexavalentes más importantes son los cromato y dicromatos alcalinos, pero el cromo +6 carece de poder curtiente y para que puedan ser útiles es necesario introducirlos a sales de cromo trivalente, bien sea antes de la curtición (procedimiento a dos baños). Las sales curtientes de cromo son solubles en ácidos fuertes y precipitan como hidróxidos de cromo y valores de pH ligeramente superiores a 4, estas sales reaccionan con compuestos orgánicos para formar sales coloreadas solubles a valores de pH mayores.

2. Formación de complejos

Según <http://wwwsyberwurx.com.html> (2014), para interpretar la participación de moléculas neutras en reacción química, por ejemplo en la formación de compuestos del tipo $\text{Cr}.\text{Cl}_{36}\text{H}_2\text{O}$, Werner introdujo el concepto de valencias auxiliares. Según este concepto, generalmente conocido como teoría de la coordinación de Werner, aún cuando a juzgar por el número de valencias, la capacidad de combinación de un átomo está colmada posee todavía, en la mayoría de los casos, la capacidad de participar además en la formación de moléculas complejas por el establecimiento de uniones atómicas definidas.

Según [http://www.greenpeace.org/report.\(2014\)](http://www.greenpeace.org/report.(2014)), la capacidad de combinación de un átomo se divide en dos esferas de atracción: la esfera interna o de coordinación y la esfera externa o de ionización. Las moléculas neutras o iones de cargas contrarias se coordinan en torno a un ión central dentro de la esfera interna. El número de grupos o ligandos capaces de disponerse en torno al ión central, es el número de coordinación del ión en cuestión. Alrededor de un ión central pueden coordinarse no sólo moléculas neutras sino también iones. Por lo tanto la carga electrovalente total del complejo varía con el número de iones

cargados y moléculas neutras que se encuentran dentro de la esfera de coordinación. Las moléculas coordinadas pueden ser reemplazadas total o parcialmente por iones, lo que determina cambios en la electrovalencia del ion complejo, y el ión que entra pierde su carácter electrovalente y queda unido al ión central por una unión coordinada. El átomo de cromo, al igual que el aluminio y hierro, tiene un número de coordinación de seis. Sobre la base de la teoría de la coordinación de Werner el compuesto indicado al principio $\text{Cr Cl}_{3.6}\text{H}_2\text{O}$.

a. Naturaleza de los ligantes de coordinación – agentes enmascarantes

Para <http://www.tecnologiaslimpias.org/curtiembres/7.pdf>.(2014), el átomo de cromo tiene un número de coordinación de seis, lo que significa que es capaz de formar iones complejos; en los cuales seis moléculas o aniones están asociadas con el ión metálico. La tendencia a formar tales complejos varía considerablemente desde un metal a otro. La naturaleza del anión también influye sobre la tendencia a coordinar iones metálicos, así por ejemplo el ión nitrato tiene poca tendencia a formar iones complejos con el cromo, mientras que los iones exaltos forman complejos aniónicos estables con dicho metal. En la práctica de la curtición de cromo fue observado que en la preparación del licor de cromo por el método de reducción del bicromato con azúcar las propiedades curtientes del licor producido variaban.

Según <http://www.ambiente.gob.ec>.(2014), las causas de estas variaciones fue atribuido a las reacciones entre el cromo y los productos orgánicos resultantes de la reducción, reacciones que conducen a la formación de distintos complejos. Esto condujo a estudios detallados sobre la formación de complejos entre las sales básicas de cromo y ácidos orgánicos y sus sales. Estos compuestos orgánicos (como por ejemplo ácido fólico o sus sales, ácido acético o sus sales, etc.), se conocen con el nombre de “agentes enmascarantes”. En general un agente enmascarante puede definirse como aquel compuesto, orgánico o inorgánico, que modifica o “enmascara” las propiedades curtientes de las sales básicas de cromo, y aumenta la estabilidad del complejo de cromo frente a los

álcalis. Estudiando el diferente poder de penetración en el complejo de cromo que presentan los diversos aniones, estos se han agrupado según la siguiente serie:

NO_3^- Cl^- $\text{SO}_4^{=}$ HCOO^- $\text{CH}_3\text{-COO}^-$ $\text{SO}_3^{=}$ tartrato

Lactante citrato oxalate hidroxilo sulfoftalato

Ludwigshafe, P. (2009), informa que esta lista está ordenada de modo que el poder de penetración aumenta de izquierda a derecha, cualquier anión de la serie reemplazará al anión que le precede en la formación del complejo con el cromo, así por ejemplo el ión formiato tiene mayor afinidad por el complejo de cromo que el ión cloruro o sulfato, los iones formiato adicionados a una solución de sulfato básico de cromo desplazará al sulfato y entrará al complejo. Los agentes enmascarantes se incorporan a la sales básicas de cromo en forma de sus sales sódicas, obteniéndose complejos con propiedades curtientes modificadas. La característica de los licores de cromo enmascarados en acción curtiente suave. La carga del complejo de cromo, es igual a la suma de las cargas del cromo y de los ligandos coordinados. La adición de cargas negativas al complejo neutralizará las tres cargas positivas del cromo y finalmente el complejo está con carga cero (no iónico) o cargado negativamente (aniónico). Las reacciones que tiene lugar en el enmascaramiento conducen a cambios en el carácter electroquímicos de la sal de cromo formándose complejos no iónicos o aniónicos, esta nueva distribución de la capacidad de combinación del complejo es el principal factor en la alteración de las propiedades curtientes, si el complejo tiene muchos grupos muy estables, los iones carboxílicos del colágeno tiene dificultad en coordinarse con el átomo de cromo, disminuyéndose por lo tanto la afinidad de la proteína de la piel por el complejo de cromo. A mayor estabilidad del complejo menor será la propiedad curtiente del mismo. Estudios realizados sobre el mecanismo del enmascaramiento de las sales de cromo permiten llegar a la siguiente conclusión:

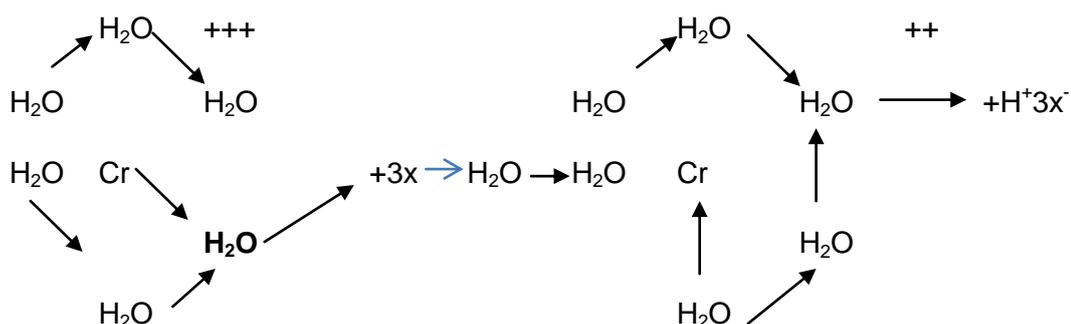
- La reacción de enmascaramiento depende marcadamente del tiempo, especialmente con el formiato y algo menos con el acetato.
- El enmascaramiento es el resultado de cambios estructurales durante el envejecimiento del compuesto de cromo inicialmente formado. Así la adición

de formiato de sodio a soluciones básicas de cromo produce complejos insolubles que se disuelven por calentamiento o por envejecimiento. Dado que el ión formiato es un complejante débil, las soluciones que van a enmascararse con formiato deben calentarse.

- Los grupos complejantes pueden funcionar como un puente entre átomos de cromo vecinos, resultando la formación de complejos polinucleares. Los iones carboxílicos del colágeno deberían ser incluidos en la serie de ácidos orgánicos complejantes dado que la fijación del complejo de cromo catiónicos por el colágeno es análoga a la reacción entre un grupo carboxílicos (por ejemplo ión acetato) con el cromo.

1). Hidrólisis de las sales de cromo

Ullman, T. (2006), señala que sobre las bases de la teoría de Werner, la hidrólisis de las sales de cromo puede representarse de la siguiente manera: Reacción (1), como se muestra en el gráfico 2.



Donde x representa un anión monovalente

Gráfico 2. Teoría de Werner del equilibrio químico del agua.

Para <http://www.cpts.org> (2014), esta hidrólisis se denomina protólisis formándose un hidroxilo compuesto, reduciéndose la carga neta positiva. La edición del álcali a la solución conduce a un incremento en la hidrólisis debido a la eliminación del ión hidrógeno, desplazando el equilibrio hacia la derecha.

b. Teoría de la curtición mineral de la naturaleza de la combinación cromo colágeno

Luck, N. (2009), informa que existen muchas teorías para explicar la curtición mineral, especialmente la curtición al cromo, teorías que pueden dividirse en dos grupos: las que postulan que el proceso es principalmente una deposición y absorción de los agentes curtientes y aquellos que postulan una combinación química entre los iones complejos del metal y el colágeno. Debido a que las teorías más acertadas son aquellas que ven en la curtición una combinación química entre la proteína y el material curtiente, más que un fenómeno de orden físico, sólo se va a considerar aquí la teoría química.

- Grupos reactivos del colágeno: Al considerar a la curtición como un proceso químico, es importante conocer los grupos presentes en el colágeno, los cuales pueden participar en la reacción con las sales complejas de cromo. Estos grupos son: Carboxilo, Amida Amino - NH_2 , Hidroxilo - OH , Peptídico. En la región del punto isoeléctrico de la piel apelmbrada (pH 5-6 dependiendo del tratamiento que recibió el colágeno) los grupos carboxílicos llevarán una carga negativa y los grupos aminos una carga positiva, siendo la carga neta de la proteína cero. A medida que el pH disminuye los grupos COO^- se combinarán con los protones y perderán su carga; cuando el pH aumenta los grupos básicos perderán iones hidrógenos y por lo tanto su carga positiva, lo cual se indica en el gráfico 3.

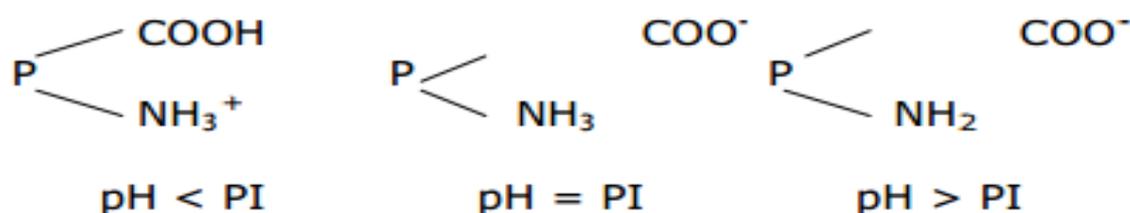


Gráfico 3. Diagrama del punto isoeléctrico (PI), de la proteína del colágeno

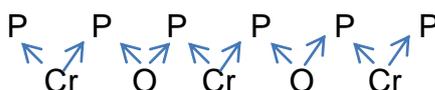
Según <http://www.upb.edu/es/node.2014>, se observa entonces que el pH de la solución en la cual se coloca el colágeno influye sobre el estado de carga de los

grupos y por lo tanto en la reactividad frente a agentes químicos. En general puede decirse que los grupos $-\text{COO}^-$ entrarán más fácilmente al complejo cuando llevan una carga negativa amino forman uniones coordinadas con el cromo cuando se encuentra sin carga.

c. Teoría de las uniones coordinadas

Para [http://www.greenpeace.org/report.\(2014\)](http://www.greenpeace.org/report.(2014)), la teoría de la curtición al cromo más aceptada involucra la formación de complejos de coordinación entre la proteína y el ión complejo metálico. Existen distintas vías de coordinación. Los grupos carboxilo, amino, hidroxilo son capaces de formar compuestos coordinados de diversos grados de estabilidad, mientras que los iones metálicos de grupos ya presentes en el complejo. Stiasny fue uno de los primeros que aplicó la teoría de Werner a la curtición al cromo. Sugirió que el oxígeno de los grupos carbonilo y el nitrógeno de los grupos amino o peptídico pueden coordinarse directamente con el átomo central de cromo o con un grupo coordinada tiene lugar directamente con el átomo de cromo, un grupo ya presente en el complejo debe ser desplazado de aquí que un complejo muy estable puede no reaccionar en esta forma y carácter de acción curtiente. Tal mecanismo explicaría el efecto de diferentes aniones sobre la curtición y la acción descurtiente de aniones tales como exalato y tartrato los cuales tienen muchas tendencias a entrar en el ión complejo. Kuntzol y Riess sugieren que en primer lugar el grupo carboxilo forma una unión coordinada con el cromo, seguido bajo ciertas circunstancias por la formación de otra unión coordinada con un grupo amino de una cadena polipéptica adyacente.

Ludwigshafe, P. (2009), informa que la reacción con grupos amino tiene lugar con menor facilidad y depende del pH, ya que el grupo amino no cargado reacciona mejor que el grupo cargado positivamente. Küntzel sugiere que la formación de complejos polinucleares en la curtición es esencial, dado que estas sales están suficientemente extendidas en el espacio para poder reaccionar con varios pares de grupos carboxilos y amino en diferentes cadenas polipéptidas, siguiendo el siguiente esquema:



Ullman, T. (2006), afirma que en esta representación con la letra P se indica las cadenas polipéptidas, omitiéndose los ligandos que completan el número de coordinación del átomo de cromo central. Existen dos condiciones importantes para que tenga lugar la curtición, ambas dependiendo del pH del sistema:

- La solución debe ser básica, de modo que puedan formarse complejos de cromo polinucleares.
- Los grupos carboxílicos del colágeno deben estar ionizados para facilitar la reacción.

3. Representación esquemática de la reacción proteína curtiente

Luck, N. (2009), menciona que de acuerdo a la teoría de coordinación la proteína de la piel, principalmente a través de sus grupos -COO^- , puede ser considerada como un ligante de coordinación.

- Reacción de los complejos de cromo con los grupos ácidos de la proteína.
- A medida que el pH de la curtición se aumenta los iones sulfato asociados con el cromo son desplazados por los iones OH^- . Los grupos hidroxilos son compartidos por los átomos de cromo en la reacción de oxolación.
- Durante el secado el curtido se hace más estable a través de la reacción de oxolación.
- A medida que la curtición progresa a mayor basicidad, el tamaño del complejo aumenta permitiendo así una mejor reticulación.

4. Factores que intervienen en la curtición al cromo – concepto prácticas

Cantera, A. (2009), señala que considerando los conceptos señalados al estudiar la química de las sales de cromo y al interpretar las reacciones entre la proteína y el agente curtiente, los factores que afectan la conducción práctica de la curtición pueden enumerarse de la siguiente manera: pH, basicidad, naturaleza del complejo, concentración, influencia de sales neutras, temperatura y tiempo.

a. pH – basicidad

Según <http://www.bvsde.paho.org>.(2014), el aumento de pH de la solución curtiente incrementa la basicidad de la sal, de modo que estos dos factores pueden considerarse juntos. La fijación de cromo por el colágeno aumenta con el pH y por lo tanto con la basicidad del curtiente, además el aumento de pH modifica la condición electroquímica del colágeno cargando o descargando sus grupos activos, afectando por lo tanto la capacidad de estos grupos para fijar el cromo. Así el pH influye sobre la sal curtiente (aumentando la basicidad) y sobre el estado de la proteína. Si el pH de la solución es inferior al valor de pH correspondiente al punto isoeléctrico de la proteína, ésta principalmente estará cargada negativamente, en cambio si el pH superior al valor de pH del punto isoeléctrico la proteína tendrá una carga neta positiva. Aumentando la basicidad aumenta el tamaño de las combinaciones de cromo ya que tiene lugar una asociación de dos o más átomos de cromo a través del proceso de olación, con lo que aumenta la astringencia o capacidad de combinación de la sal curtiente.

Para <http://www.bvsde.paho.org>.(2014), el efecto curtiente crece aumentando la basicidad mientras disminuye su poder de penetración en la piel. Por este motivo la curtición al cromo se comienza con licores débilmente básicos y poco astringentes. El piquelado influye en este sentido durante la curtición, evitando una reacción rápida en las capas exteriores y acolorando la difusión en el interior de la piel.

b. Naturaleza del complejo –Agentes enmascarantes

Según <http://www.inti.gov.ar/oferta/citec.pdf>(2014), la sensibilidad de la curtición a las variaciones de pH puede ser disminuida por el uso de agentes enmascarantes, los cuales parcialmente estabilizan el complejo del cromo. Los agentes enmascarantes son sustancias que al ser agregados al licor de cromo aumentan su estabilidad frente a los álcalis, tamponan la solución y reducen la afinidad curtiente del cromo. Se habló ya de sustancias que enmascaran al cromo, como ciertos aniones de ácidos orgánicos: oxalato, formiato, acetato, lactato, tartrato, ftalato, etc. y aniones inorgánicos como sulfito y sulfato. Además el efecto de aumentar la estabilidad frente a los álcalis, el complejo de cromo cambia su naturaleza electroquímica cuando se combina con éstas sustancias, disminuyendo su astringencia por la piel. Se puede comprender mejor los efectos de los agentes enmascarantes sobre la fijación del cromo partiendo del hecho que el principal mecanismo en la curtición es la coordinación de los grupos carboxílicos de la proteína al complejo de cromo.

El mismo <http://www.inti.gov.ar/oferta/citec.pdf>(2014), indica que si las valencias de coordinación del complejo están parcialmente saturadas por aniones la afinidad del complejo por los grupos carboxilos de la proteína será reducida. La importancia de esta afinidad reducida dependerá de la relación molar entre el agente enmascarante y el cromo, y la afinidad específica del mascarante para complejarse. En la práctica la obtención de licores enmascarantes se realiza por la adición de las sales sódicas de los citados aniones ácidos. El grado de enmascaramiento depende en ciertos casos de la temperatura, así el oxalato forma el complejos temperatura ambiente y el formato exige un calentamiento para llegar al máximo de su poder complejante.

Para <http://www.cortolima.gov.com>.(2014), en la práctica la obtención de licores enmascarantes se realiza por la adición de las sales sódicas de los citados aniones ácidos. El grado de enmascaramiento depende en ciertos casos de la temperatura, así el oxalato forma el complejo a temperatura ambiente y el formato exige un calentamiento para llegar al máximo de su poder complejante.

Un aspecto en el uso de los agentes enmascarantes en el empleo de sulfato para el enmascaramiento en la práctica de la curtición al cromo. Una evaporación cuidadosa hasta sequedad de las sales básicas de cromo, produce la formación de iones sulfato aumenta y muchos de esos iones penetran en el complejo. Si se disuelven esas sales aniónicas en agua fría, pasarán varias horas hasta que se obtengan complejos de cromo catiónicos con sólo algunos iones sulfato en el complejo. Así pues la curtición es practicada con sales de cromo comerciales que han sido preparadas en la forma mencionada, y si estas sales son disueltas en agua fría se obtiene un licor de cromo enmascarado. Es evidente que en este caso las sales de cromo no deben ser disueltas antes de la curtición y se las agrega en polvo al fulón. De esta manera se comienza la curtición con un licor enmascarado, pero el efecto enmascarante disminuirá gradualmente durante el transcurso de la curtición. La velocidad con la cual los iones sulfato dejan el complejo depende de la dilución de la solución y de la temperatura. La estabilidad de los complejos enmascarados con iones sulfato, que se forman al disolver la sal curtiente, permite una basificación prematura sin peligro de precipitar los complejos de cromo.

D. PROBLEMAS ASOCIADOS AL CROMO TRIVALENTE

Según <http://wwwbooks.google.com.ec>.2014), el cromo es un metal pesado que se acumula en el suelo. Los seres humanos y los animales están expuestos al cromo vía inhalación (en el aire o en el humo de tabaco), a través de la piel (exposición ocupacional) o por ingestión (generalmente de productos agrícolas o en el agua). La toxicidad sistemática del cromo se debe especialmente a los derivados hexavalentes que, contrariamente a los trivalentes, pueden penetrar en el organismo por cualquier vía con mucha mayor facilidad. No obstante, también se han documentado riesgos importantes asociados al cromo trivalente.

Cantera, C. (2007), manifiesta que a pesar de necesitarse concentraciones mayores para producir los mismos efectos biológicos del cromo (III) al cromo (VI), principalmente porque no tiene tanta facilidad para penetrar en el organismo, existe poca evidencia para afirmar que el cromo (III) no tiene efectos genotóxicos

«in vivo» en animales. Algunos de los riesgos más señalados se refieren a que la capacidad de los agentes curtientes para estabilizar el colágeno, que es precisamente la base del curtido, abre la posibilidad de que esos mismos agentes puedan interactuar con la estructura de doble hélice del ADN. Todas las formas de cromo, incluyendo cromo (III), causan cáncer a roedores, por lo que se consideran probables cancerígenos para seres humanos. Uno de los riesgos más manifestados son efectos sobre la piel por la exposición crónica. Los análisis de orina no constituyen un buen indicador de las concentraciones de cromo trivalente, sino que resulta necesario realizar análisis de sangre o del pelo.

Para <http://www.feng.pucrs.br/>.(2014), el cromo trivalente presente en los residuos de piel curtida puede sufrir modificaciones en sus propiedades químicas según el ambiente en que se encuentre. De hecho, cuando se encuentra en un medio básico o se combustiona en presencia de cal u otra sustancia alcalina (frecuente al utilizar lechada de cal y similares para neutralizar las emisiones ácidas NOx y SO2 en una incineradora) tiende a transformarse a cromo hexavalente, forma mucho más tóxica de este metal.

1. Sustitución del cromo III

Según <http://wwwmaterias.fi.uba.ar/>.(2014), la presencia de una sustancia tóxica en los lugares de trabajo representa siempre un riesgo para los trabajadores y trabajadoras durante cualquiera de las fases de producción que, a ser posible, debería evitarse. Siguiendo el principio de prevención tanto desde los criterios medioambientales, aceptados internacionalmente y establecidos en el Plan Nacional de Residuos Peligrosos, hasta las prioridades que deben seguirse en las empresas para garantizar la salud y seguridad de los trabajadores/as, según la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, se debería tender a la sustitución del cromo en el curtido de la piel por otra sustancia no nociva. Existen muchas aplicaciones en el sector de curtido que ya pueden evitar el uso de cromo y utilizar en su lugar taninos, principalmente extractos vegetales, demostrándose que existen alternativas no tóxicas. La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos realizó un estudio medioambiental en una empresa de curtido de piel de

vacuno con el fin de reducir la cantidad de sustancias tóxicas, de materias primas y de energía con el fin de minimizar la contaminación y el riesgo para trabajadores/as, a la vez que demostrar que se producen beneficios medioambientales y económicos y se mejora la eficiencia del proceso y la calidad del producto cuando se utilizan mecanismos de prevención de la contaminación. La línea de curtido con aceites vegetales puede utilizarse para muy diversas partes de la piel, aunque con el fin de hacer un uso más eficiente de estos taninos más caros se trocean en piezas. En esta línea de producción, las empresas consiguen eliminar totalmente el cromo.

Para <http://www.bases.bireme.br>.(2014), 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 precurtido. Es necesario un pretratamiento 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.

2. Reducción, reutilización y reciclado del cromo III

Para <http://www.cortolima.gov.com>.(2014), ante la existencia de algunas limitaciones técnicas para la sustitución del cromo en todas las aplicaciones de curtido (el cromo proporciona pieles más ligeras, que pueden ser necesarias para algunas aplicaciones), la segunda opción sería la de reducir la cantidad utilizada para el proceso y reutilizar o reciclar el cromo, con el fin de reducir la generación de residuos y el consumo de materias primas. Algunas empresas han reducido a una tercera parte la concentración de sales de cromo inicialmente utilizadas y han

conseguido los mismos resultados de calidad del producto. La línea de curtido basada en cromo y taninos vegetales de la empresa ya mencionada genera grandes volúmenes de vertidos con cromo. En este caso se implantó un sistema de recuperación y reutilización del cromo resultando en una reducción de la contaminación y en los costes de la misma. Algunas otras recomendaciones que hizo el Departamento de Protección Ambiental a raíz de este estudio con el fin de reducir otras fuentes de contaminación fueron: sustituir los barnices de base de disolvente utilizados en los acabados a barnices de base acuosa (que reduciría la emisión de compuestos orgánicos volátiles entre el 60% y el 90%), reciclar las aguas de lavado y refrigeración para procesos compatibles (reduciría el consumo en 130-150 m³/día), o la oxidación aerobia de los sulfuros que aparecen en las aguas residuales para reducir la concentración de éstos a menos de 3 mg/L.

Para <http://wwwbooks.google.com.ec>.2014), en otro caso de reciclaje, el sulfato de cromo (con un pH de 3.5 - 4.0) se filtra (para retirar pelos y fibras) y se deposita por gravedad en un colector. La disolución se traspa a un tanque donde se añade óxido de magnesio para elevar el pH hasta 8. Se deja de remover para permitir que se precipite como lodos compactos de Cr(OH)₃. Tras la decantación del líquido se añade cantidades dosificadas de ácido sulfúrico a los lodos aumentando la acidez y dando lugar a Cr(OH)SO₄ que se devuelve al tanque de almacenamiento para su reutilización en el proceso. En los procesos convencionales de curtido, entre el 20-40% del cromo se vierte a las aguas residuales. Esta modificación permitió reciclar entre el 95% y el 98% del cromo (III) residual.

E. VENTAJAS DE LA CURTICIÓN CON LICORES DE CROMO

Ludwigshafe, P. (2009), informa que ya en el año de 1853, el Francés Cavalin descubrió la afinidad del Cromo hacia los grupos carboxilo del colágeno, con el cual es capaz de formar complejos estables, permite lograr cueros firmemente curtidos y con características hasta ese momento nunca obtenidas, como son: resistencia a la ebullición, al desgarre, buena elasticidad y permeabilidad al vapor de agua. Unos cinco años después, Knap patentó la curtición a dos baños y

finalmente entre 1887 y 1892, el Alemán Augusto Schults logro la primera curtición a un solo baño. Desde entonces no se ha dejado de emplear el cromo para curtir. En un principio se utilizaron únicamente licores de cromo obtenidos a partir de la reducción por medio de ácido sulfúrico y azúcares, de los bicromatos de sodio y potasio. Al extenderse el uso de licores de cromo, los curtidores importaban el bicromato de Rusia, Turquía, Sudáfrica ó Rumania, por ser estos países los únicos productores. La reducción era efectuada posteriormente en las tenerías. Es evidente que en esos años y aún en la actualidad, solamente las tenerías con mayores recursos económicos y técnicos, pueden implementar un control cualitativo, para obtener uniformidad constante en cuanto a concentración y basicidad de los licores. En nuestros días, el aspecto ecológico debe ser también considerado, en virtud de la elevada toxicidad del cromo hexavalente. Sin duda, el proceso de curtido con licores de cromo, representó un enorme salto tecnológico, que entre otras cosas provocó, que las exigencias del mercado consumidor de pieles comenzaran a ser más rigurosas. Surge entonces la necesidad de uniformar la calidad del producto final. Para ello fue necesario comenzar, como es lógico suponer, por la estandarización de los licores de cromo. El primer paso consistió en utilizar proporciones constantes de los reactivos involucrados en la reducción, así como en la regularización de las condiciones físicas en las que este proceso era realizado.

Ullman, T. (2006), informa que es obvio que no todas las tenerías reunían las condiciones necesarias para reducir su propio licor y por añadidura, el desprendimiento de vapores de ácido crómico durante el proceso, lo convertía en una actividad muy ingrata. Fue entonces cuando la naciente Industria Química Alemana de finales del siglo XIX, encontró la solución ofreciendo a los curtidores, licores de cromo estandarizados. Dicha solución sin embargo tenía sus limitaciones, en función de la distancia entre el fabricante del licor y los usuarios, pues implicaba el transporte de grandes volúmenes de agua. Una vez más, la evolución tecnológica resolvió el problema mediante la invención del secado por atomizado al término de la primera guerra mundial y utilizado comercialmente desde hace unos 60 años. Desde entonces, empresas Europeas, principalmente Alemanas, con gran visión comercial, decidieron inteligentemente preparar un

producto seco y estandarizado de buena calidad y fácilmente transportable y ocuparon ese nicho de mercado, solucionándole a los curtidores las dificultades que padecían haciendo sus propias reducciones. La empresa que orgullosamente representamos, también quiso estar presente en este servicio y comenzó a fabricar hace ya 30 años, sulfato básico de cromo en polvo, producto que hasta hoy estamos comercializando.

Luck, N. (2009), señala que en la actualidad son muy pocas las tenerías que todavía reducen sus propios licores de cromo, pues las disposiciones gubernamentales cada día más rigurosas tendientes a la conservación del medio ambiente, han puesto serias limitaciones al empleo del cromo hexavalente. El uso de sulfato básico de cromo comercial, líquido o en polvo, ha hecho posible que los curtidores dispongan de un producto estandarizado y de fácil manejo, que permite minimizar las irregularidades de fabricación, al tiempo que elimina las presiones ecológicas derivadas del uso de bicromato de sodio. No obstante la disponibilidad de sulfato básico de sodio en polvo, empresas líderes que producen grandes volúmenes de cuero, en países tradicionalmente curtidores como: Estados Unidos, Brasil, Argentina, México y otros, Prefieren el uso de licores de cromo como la mejor opción. Para finalizar esta introducción, podemos asegurar que el uso de sulfato básico de cromo en polvo, se ha generalizado por razones comerciales, más que técnicas, ya que, antes y durante la vigencia del uso del cromo en polvo, se usaba y se sigue usando, el cromo líquido y además, como lo expresamos anteriormente por empresa líderes en todo el mundo.

1. Por qué utilizar licores de cromo

Cantera, A. (2009), informa que las razones más importantes por las que se deberá utilizar licores de cromo se detallan a continuación:

- Su manejo es mucho más sencillo y práctico, ya que la adición se puede hacer por gravedad, instalando un depósito elevado por sobre el nivel del eje del tambor, el porcentaje a agregar se convierte de kg. a litro, y con el dosificador graduado se mide la cantidad a utilizar, todo esto se hace sin la necesidad de

parar y abrir el tambor; 1 litro, es igual a 1,46 kg de cromo, a una concentración de 12% de Cr_2O_3 lo que representa 175 gr, por litro.

- No se originan sacos vacíos de papel y plástico, que luego tenemos que desechar, lo cual también implica trabajo adicional con el consiguiente costo de mano de obra y transporte además dado las últimas regulaciones ambientales, no pueden ser destruidos por el consumidor. Es importante mencionar que en breve entrarán en vigor regulaciones estrictas relacionadas con la disposición de empaques y embalajes industriales.
- Desaparece el riesgo que significa el manipuleo de sacos, que frecuentemente a la hora de adicionar al tambor se rompen originando pérdida económica y riesgo para la salud del operador.
- El licor de cromo no contiene insolubles como suele ocurrir con las sales, de modo que el porcentaje expresado en la literatura es neto, mientras que en el cromo en polvo, la presencia de insolubles, afecta negativamente el contenido de Cr_2O_3 , puede llegar en casos exagerados a arrugar las pieles y hasta provocar problemas en el caso de dividir en azul.
- El agotamiento de los baños es similar o mayor a los baños con cromo en polvo y el efecto de llenado es superior.
- El color de las pieles curtidas con licor es más claro y uniforme, lo que nos dice que la distribución de cromo es muy pareja y los teñidos resultantes sobre esta curtición, reflejarán dicha uniformidad.
- Durante el almacenamiento del licor, se produce el fenómeno de olación, que consiste en la formación de complejos moleculares más grandes, sin variar la basicidad. Este fenómeno que también es posible manejar técnicamente, es el que nos permite asegurar que el licor de cromo llena más que el cromo en polvo.
- No se requiere de basificados especiales.

- La forma líquida del producto, le permite al técnico modificar fácilmente la basicidad en la propia tenería si así lo requiere, tanto para curtir o para recurtidos especiales.
- En el caso de adicionar el cromo en dos o más tomas para obtener mayor finura de flor o su mayor distribución estratigráfica, no se necesita parar y abrir el tambor.
- Su distribución en el baño es inmediata, mientras que el cromo en polvo requiere de tiempo para disolverse totalmente.

Adzet J. (2005), infiere que analizando todo lo expuesto, podemos concluir en que el uso de cromo líquido, ofrece amplias ventajas desde el punto de vista de uso práctico y ecológico, al no generar desperdicios. Pero es necesario que nos detengamos un momento a evaluar las ventajas técnicas. El cromo en polvo no se puede enmascarar previo a su uso salvo disolviéndolo, pero como en este caso el ion que predomina tiene carga negativa, sería necesario disolver en caliente y reposar un día para otro, hasta que se revierta la carga de negativa a positiva o sea que en realidad, regresaría a su estado original; licor de cromo.

Agudelo, S. (2007), reporta que el fenómeno de olación solo puede ocurrir en estado líquido y es realmente un factor importante que marca la diferencia a favor de los licores de cromo. Al formarse complejos de mayor tamaño el llenado de las pieles es superior. La intención de este trabajo no es retrogradarnos al pasado, ni mucho menos ignorar los beneficios del progreso con que el trabajo científico y profesional nos ha enriquecido. Todos los sulfatos básicos de cromo, a concentración y basicidad iguales, independientes del tipo de reducción, curten en forma más o menos similar.

2. Qué es el cromo en polvo

Bacardit, A. (2004), infiere que simplemente un licor desecado; en otras palabras, un polvo que antes fue licor. No se puede curtir en seco; cuando adicionamos cromo en polvo al tambor, ya sea en baño de pickle o en baño nuevo, es

necesario que se disuelva sino, no hay curtido, de modo que al fin y al cabo lo que hacemos, es revertir el proceso físico aunque el químico poco se altere. Un capítulo aparte merece el tipo de reducción. De la reducción con glucosa se derivan compuestos que proporcionan cierto grado de enmascaramiento al licor, sobre todo ácidos orgánicos como fórmico, acético tartárico etc. En la reducción con anhídrido sulfuroso, no se originan este tipo de compuestos, por lo que el resultado final es un licor más puro y uniforme, lo que asegura una mayor estandarización en la secuela de una reducción con respecto a las demás.

Bello, M. (2008), indica que mediante una serie de ensayos sistemáticos, efectuados por el cuerpo técnico, de una curtiembre se ha observado como resultado constante, que en curticiones iguales -mismo tambor mismo tipo de cueros, igual peso, a la misma temperatura final y pH- la fijación de licores de cromo procedentes de reducción inorgánica, está por encima de la que se consigue con licores reducidos con glucosa. A continuación se pone a consideración, los resultados de dichas pruebas, las mismas se realizaron en un solo tambor de 2.4 * 2.4 metros y 8,5 rotaciones por minuto, tomando 1000 kg, de piel en tripa a 2.8-2.9 (123- 126 hojas) por partida, en total fueron 4 pruebas y se procedió como sigue, comenzando con el cromo atomizado o en polvo: Los resultados de los análisis fueron los siguientes:

- Cromo atomizado reducción orgánica piel 3.2% Cr₂O₃ baño 2.18 gr/lto
- Cromo atomizado reducción SO₂ piel 3.5% Cr₂O₃ baño 1.96 gr/lto.

Las dos pruebas restantes se hicieron reemplazando el cromo en polvo por licor de cromo, utilizando el 12% de oferta en cada caso. Para asegurar en lo posible la exactitud de los ensayos, se extrajo con cubetas el 12% del baño de piquelado para compensar el lógico aumento de flota que la adición del licor provocaría, el resto se continuó igual que en el caso del cromo en polvo. En el cuadro 2, se indica una fórmula de curtación con licores de cromo, los resultados de los análisis fueron:

- Licor de cromo reducción orgánica: cuero 3.45% Cr₂O₃ Baño 2.2 g/l.

- Licor de cromo reducción SO_2 cuero 3.12% Cr_2O_3 Baño 1.63 g/l.

Cuadro 2. CURTICIÓN CON LICORES DE CROMO.

PROCESO	%	PRODUCTO	TIEMPO	OBSERVACIONES
LAVADO	150	Agua		t. a.
	0.2	Ácido fórmico	20´	Drenar baño
DESENCALADO	80	Agua		t. a.
	1.5	Sulfato de amonio		
	0.3	Bisulfito sodio	60´	corte 80% pH 8.7
	0.2	Rendidor	30´	corte 100% pH 8.5
PICKLE	80	Agua		t. a.
	8	Sal	15´	$^{\circ}\text{Be}$ 7.8
	0.5	Ácido fórmico	15´	
	1.3	Ácido sulfurico	90´	pH 2.8 $^{\circ}\text{Be}$ 6.5
	6	Cromo en polvo	120´	
	0.35	Oxido de magnesio	7 Hrs.	pH 3.8 + temp. 45 $^{\circ}$ C

Fuente: <http://www.clubensayos.com.>(2014).

Según <http://www.deltacque.com.>(2014), como se desprende de estos estudios, el porcentaje de Cr_2O_3 en la piel, es ligeramente superior cuando curtimos con licores, independientemente del tipo de reducción, aunque cuando la sal o el licor están reducidos con anhídrido sulfuroso, la fijación de cromo es mayor y por lo tanto los baños residuales resultan menos concentrados.

F. EXIGENCIAS DE CALIDAD DEL CUERO PARA VESTIMENTA

Para <http://www.quiminet.com>.(2013), miles de descubrimientos demuestran que los seres humanos usaban cueros y pieles de animales para cubrirse del frío y adornarse. Hasta hoy se mantiene esta doble función, a la que se le suma la combinación de atributos modernos y estéticos que se pueden ver en zapatos, tapizados, muebles, asientos de automóviles, marroquinería y vestimenta. Los factores que cuentan para la popularidad de este material son su enlace fibroso tridimensional y su asociada porosidad, como también la química natural de la estructura de la piel basada en el colágeno. Estos factores son el origen de atributos físicos importantes para la vestimenta como la permeabilidad al vapor de agua y la aptitud de acumular un 30% de vapor sin perder el tacto seco, así como las propiedades de estiramiento por fuerza independiente de la temperatura, la cual permite dirigir la resistencia con la suavidad y la elasticidad sin problemas de deformación. Las características de los cueros para confección son:

- Resistencia al desgarro: es muy importante para evitar roturas en las prendas durante su uso y en la limpieza en seco. Por una resistencia deficiente se pueden romper las costuras, los botones pueden desgarrar sus ojales, y las zonas de la piel excesivamente rebajadas pueden rasgarse.
- Solidez al frote: es importante para prevenir el ensuciamiento de otros materiales, particularmente los puños y cuellos de camisa. Si la prenda debe ir sin forro se comprobará también la solidez por el lado carne. Algunos malos resultados observados en pieles afelpadas se explican porque tras el esmerilado quedan retenidas entre las fibras que permanecen fijadas a la piel restos de las fibras desprendidas, formando una ligera pelusa observable con una lupa. Con el roce, esta pelusa se suelta y se transfiere a los materiales en contacto, ensuciándoles como si la tintura se desprendiera. Por este motivo, en la fabricación de curtidos afelpados para confección se prefiere esmerilar antes de la tintura con el fin de eliminar el polvo de esmerilado en los lavados en bombo previos a la tintura.

- Aptitud para el lavado en seco: una condición fundamental, especialmente para las prendas afelpadas. Las empresas especializadas en lavado y restauración trabajan proporcionalmente en mayor medida las prendas de tipo afelpado, por la razón lógica de que están mucho menos protegidas frente a la acción de la suciedad que las napas.
- Repelencia al agua: mediante el ensayo de la gota de agua. Con cierta frecuencia se presentan objeciones cuando las pieles para confección no han recibido ningún tratamiento de repelencia al agua. El ensayo se efectúa según IUF 420, y consiste en determinar el tiempo necesario para la penetración de una gota de agua depositada sobre la superficie del cuero. Además, después de que la piel se ha secado, se valora el aspecto del área donde se había depositado la gota, examinando la posible formación de aureola, mancha, variación del color, hinchamiento o pérdida de brillo. En el caso del ante, la posible mancha debe poder desaparecer fácilmente mediante un ligero sobre cepillado. Para la napa debe ser suficiente un leve estirado para la total eliminación de la mancha.
- Solidez a la luz: el efecto del sol y de la luz causa el descolorido de las pieles con una deficiente solidez.
- Lavabilidad en medio acuoso: la lavabilidad es una propiedad que no puede exigirse a todas las pieles pero que es necesaria para los pequeños elementos decorativos de piel que contienen algunas prendas textiles, por ejemplo de género de punto, y que en consecuencia se van a lavar conjuntamente con materiales textiles, en condiciones caseras. Es importante tener en cuenta la posibilidad de la descarga de colorante que puede manchar las otras partes de la prenda.

1. Directrices y recomendaciones de calidad

Para <http://www.directricesyrecomendacionesdecalidad.com>. (2013), señala que en el cuero para confección, especialmente en la napa, se manifiesta con claridad el carácter relativo del concepto calidad. La napa anilina es un producto de

prestigio. Se considera comercialmente como uno de los curtidos de mayor clase, una auténtica piedra de toque para la tenería. No obstante, los criterios por los que se considera de tan alta calidad no son los propios de considerar la piel como un material para la construcción de un objeto de consumo, ya que según estos criterios - resistencias físicas, solidez, y durabilidad - la mejor napa sería la napa pigmentada. La calidad de la napa anilina proviene de su encanto, de su belleza y de su naturalidad, conceptos que difícilmente son cuantificables.

Para <http://www.directricescalidad.com>.(2013), como es comprensible, las recomendaciones de calidad consideran diferentes niveles de exigencias para los distintos tipos de curtidos, como afelpados, napas, y napas anilina. En Francia existen unas especificaciones oficiales referidas a pieles para confección. No obstante, sus recomendaciones tienen una utilidad limitada por cuanto se ocupan fundamentalmente de propiedades genéricas, básicamente químicas, prestando escasa atención a las propiedades que describen el comportamiento de las prendas en su uso práctico. En el Reino Unido se publicó en el año 2001 la norma BS 7269. Esta norma desarrolla los métodos y las especificaciones oportunas para ensayar la aptitud para el lavado en seco de prendas o muestras de piel 78. Estos métodos se basan estrictamente en técnicas comerciales de limpieza. Los problemas considerados son:

- Cambio del color
- Aspecto visual general dañado o alterado
- Modificación del tacto
- Inestabilidad de las dimensiones de la prenda
- Migración de adhesivos y colas
- Desprendimiento de los forros interiores. En el cuadro 3, se indica las directrices para confección:

Cuadro 3. DIRECTRICES PARA CONFECCIÓN.

DIRECTRICES PARA CONFECCIÓN	GERIC	DIRECTRICES ALEMANAS
Ensayos esenciales		
Resistencia al desgarro	IUP8	DIN53329
Napa	Mínimo 30 N/ mm	Mínimo 20 N/mm
Napa de cordero lechada		Mínimo 15 N/ mm
Resistencia a la flexión	IUP 20	DIN 53351
continuada (solo para napa acabada)	Mínimo 50000 flexiones	Mínimo 50000 flexiones
Ante nobuck y napa anilina	Mínimo nota 4	Mínimo nota 3
Napa con acabado	Mínimo nota 4	Mínimo nota 4
Solidez al frote (valoración del cambio de color del fieltro en escala de grises)	IUF 450	DIN 53339
Fieltro seco		
Ante nobuck y napa anilina: 20 frotos	Mínimo nota 3	Mínimo nota 3
Napa con acabado: 50 frotos	Mínimo nota 3	Mínimo nota 3
Fieltro húmedo : ante nobuck y napa anilina 10 frotos	Mínimo nota 3	Mínimo nota 3
Napa con acabado: 20 frotos	Mínimo nota 3	Mínimo nota 3
Fieltro humedecido con sudor artificial de pH 9		
ante nobuck y napa anilina 10 frotos	Mínimo nota 3	Mínimo nota 3
Napa con acabado :	Mínimo nota 3	Mínimo nota 3
Adherencia del acabado (solo para napa acabada)	IUF 470 Mínimo 2,5 N/c	IUF 470 Mínimo 2,0 N/c
Ensayos discrecionales		
Resistencia a la tracción	IUP 6 mínimo 1200 N/cm ²	DIN 53328 mínimo 1200 N/cm ²
Solidez a la temperatura (solo para napa acabada)	IUF 458 Ensayo indicativo: determinar la temperatura en que se reblandece el acabado	

Fuente: <http://www.normasparaconfeccion.com>. (2013).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

A. LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO

La presente investigación se realizó en el Laboratorio de Curtiembre de Pieles de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la ESPOCH, localizado en la provincia de Chimborazo, cantón: Riobamba; Kilómetro 1 ½ de la Panamericana sur y, los análisis físicos del cuero de ternero se realizaron en el mismo Laboratorio de Curtiembre de Pieles. La presente investigación tuvo un tiempo de duración de 133 días, en el cuadro 4, se indican las características meteorológicas del cantón Riobamba.

Cuadro 4. CONDICIONES METEOROLÓGICAS DEL CANTÓN RIOBAMBA.

INDICADORES	2010
Temperatura (°C).	13.45
Precipitación (mm/año).	42.8
Humedad relativa (%).	61.4
Viento / velocidad (m/s)	2.50
Heliofania (horas/ luz).	1317.6

Fuente: Estación Meteorológica de la Facultad de Recursos Naturales. (2012).

B. UNIDADES EXPERIMENTALES

El número de unidades experimentales que conformaron el presente trabajo experimental fue de 24 pieles de ternero. Las mismas que fueron adquiridas en el Camal Municipal de Riobamba.

C. MATERIALES, EQUIPOS E INSTALACIONES

1. Materiales

- 24 pieles de ternero
- Mandiles
- Percheros
- Baldes de distintas dimensiones
- Candado
- Mascarillas
- Botas de caucho
- Guantes de hule
- Tinas
- Tijeras
- Mesa
- Cuchillos de diferentes dimensiones
- Peachimetro
- Termómetro
- Cronómetro
- Tableros para el estacado
- Clavos
- Cocina
- Cilindro de gas

2. Equipos

- Bombos de remojo curtido y recurtido
- Máquina descarnadora de piel
- Máquina divididora
- Máquina escurridora
- Máquina raspadora
- Bombos de teñido

- Toggling
- Máquina de elongación
- Equipo de flexometría
- Probeta
- Abrazaderas
- Pinzas superiores sujetadoras de probetas
- Calefón

3. Productos químicos

- Tenso activo
- Cloro
- Cloruro de sodio
- Formiato de sodio
- Sulfuro de sodio
- Hidróxido de Calcio
- Bisulfito de sodio
- Ácido fórmico
- Licores de Cromo (12; 14 y 16%).
- Ríndente
- Anilina
- Cromo
- Éster fosfórico
- Aserrín
- Pigmentos
- Anilinas aniónicos
- Anilinas catiónicas
- Recurtiente de sustitución
- Resinas acrílicas
- Rellenante de faldas
- Recurtiente neutralizante
- Recurtiente acrílico

- Alcoholes grasos
- Sulfato de amonio
- Bicarbonato de sodio

D. TRATAMIENTO Y DISEÑO EXPERIMENTAL

Para realizar la evaluación de la curtición de pieles de ternero a diferentes niveles de licor de curtiente mineral para artículos de confección, se utilizaron 3 tratamientos, con 4 repeticiones y en dos ensayos consecutivos dando un total de 24 unidades experimentales. Los cuales fueron modelados bajo un diseño completamente al azar, en arreglo bifactorial.

Tratamientos = 3 Factor A, niveles de licor de cromo (12, 14 y 16%).

Ensayos = 2 Factor B

Repeticiones = 4

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha_i * \beta_j) + \epsilon_{ijk}$$

Donde

Y_{ijk} =	Valor del parámetro en determinación
μ =	Efecto de la media por observación
α_i =	Efecto de los niveles de licor de cromo
β_j =	Efecto de los ensayos
$\alpha_i * \beta_j$ =	Efecto de la interacción entre el Factor A y el Factor B
ϵ_{ijk} =	Efecto del error experimental

Para la determinación de la significancia de las variables sensoriales se utilizó la prueba de Kruskal – Wallis, cuyo modelo matemático es el siguiente:

$$H = \frac{12}{nT(nT + 1)} = + \frac{\sum RT_1^2}{nRT_1} + \frac{\sum RT_2^2}{nRT_2} + \frac{\sum RT_3^2}{nRT_3} + 2(nT + 1)$$

Donde:

H = Valor de comparación calculado con la prueba K-W.

nT = Número total de observaciones

R = Rango identificado en cada grupo.

En el cuadro 5, se describe el esquema del experimento que fue utilizado en la investigación:

Cuadro 5. ESQUEMA DEL EXPERIMENTO.

Niveles de licor mineral	Ensayos	Código	Repeticiones	TUE	Total pieles
12%	1	12%E1	4	1	4
12%	2	12%E2	4	1	4
14%	1	14%E1	4	1	4
14%	2	14%E2	4	1	4
16%	1	16%E1	4	1	4
16%	2	16%E2	4	1	4
					24

En el cuadro 6, se describe el esquema del análisis de varianza que fue utilizado en la investigación:

Cuadro 6. ESQUEMA DEL ADEVA.

Fuente de variación	Grados de libertad
Total	23
Factor A	2
Factor B	1
Interacción A*B	2
Error	18

E. MEDICIONES EXPERIMENTALES

Las pruebas sensoriales del cuero de ternero fueron:

1. Físicas

- Resistencia a la tensión, (N/cm²).
- Porcentaje de Elongación, (%).
- Temperatura de contracción, (grados centígrados).

2. Sensoriales

- Blandura, (puntos).
- Tacto, (puntos).
- Tamaño de grano de flor, (puntos).

3. Económicas

- Beneficio/ Costo

F. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS Y PRUEBAS DE SIGNIFICANCIA

Los análisis fueron sometidos a los siguientes test estadísticos:

- Análisis de varianza para las diferentes variables paramétricas
- Prueba de Kruskal Wallis para variables no paramétricas
- Separación de medias según Tukey (P> 0,01)
- Análisis de Regresión y correlación múltiple
- Relación Beneficio/ costo

G. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Para la presente investigación se utilizaron 8 pieles de ternero, para cada uno de los ensayos; es decir, un total de 24 pieles, provenientes de la provincia de Chimborazo, adquiridas en el Camal Municipal, las cuales fueron sometidas al siguiente procedimiento:

1. Remojo

- Se pesó las pieles de ternero frescas y en base a este peso se trabajó preparando un baño con agua al 200% a temperatura ambiente, tenso activo al 1% y un sachet de cloro, se dejó rodar por 30 min y se lo arrojó.
- Seguido se preparó un nuevo baño con agua al 200%, tensoactivo al 0,5% y sulfuro de sodio al 2,5%, se dejó girando el bombo por 3 horas y se eliminó el baño.

2. Embadurnado

- De nuevo se pesó las pieles y en base a este peso se prepararon las pastas para embadurnar y depilar, con 2,5% de sulfuro de sodio, en combinación con el 3,% de cal, disueltas en 5% de agua; esta pasta se aplicó a la piel por el lado carne y se dejó en reposo durante 12 horas, para luego extraer el pelo en forma manual con ayuda de una espátula sin filo, con sumo cuidado de no rayar ni marcar la piel.

3. Pelambre en bombo y calero

- Posteriormente se pesó las pieles sin pelo y en base a este nuevo peso se preparó un nuevo baño con el 100% de agua a 25°C al cual se añadió el 0,4% de sulfuro de sodio, se dejó rodar por 30 minutos, en el mismo baño se añadió 0,4% más de sulfuro de sodio dejando rodar el bombo por 30 minutos, después añadí 50% de agua a 25°C con 0,5% de cloruro de sodio dejando por

10 minutos, seguido se añadió 0,5% de sulfuro de sodio por 30 minutos, 1% de cal por 30 minutos, 1% de cal por 30 minutos, 1% de cal por 3 horas y finalmente se paró el bombo, se dejó en reposo por 20 horas y se eliminó el agua del baño.

4. Desencalado y rendido

Luego se lavó las pieles con 200% de agua limpia a temperatura ambiente por 20 min se desechó el baño y se preparó otro con el 100% de agua a 35°C más el 0,3% de bisulfito de sodio, se rodó el bombo durante 30 minutos; posteriormente se eliminó el baño y se preparó otro baño con el 100% de agua a 35°C más el 1% de bisulfito de sodio y el 1% de formiato de sodio, más el 0,02% de producto rindente y se rodó el bombo durante 90 minutos; pasado este tiempo, se realizó la prueba de fenolftaleína para lo cual se colocaron 2 gotas de en la piel para observar si existe o no presencia de cal, y que debió estar en un pH de 8,5. Posteriormente se eliminó el baño y se lavo las pieles con el 200% de agua, a temperatura ambiente durante 30 minutos y se eliminó el baño.

5. Piquelado

- Luego se preparó un baño con el 100% de agua, a temperatura ambiente, y se añadió el 6% de sal en grano blanca, y se rodó 20 minutos para que se disuelva la sal y luego se adicionó el 1,4% de ácido fórmico; diluido 10 veces su peso y dividido en 3 partes. Se colocó cada parte con un lapso de tiempo de 20 minutos.
- Seguido se añadió el 0,4% de ácido fórmico; de igual forma diluido 10 veces su peso y dividió en tres partes colocando cada parte con un lapso de tiempo de 20 minutos.
- Pasado este tiempo, se controló el pH que debió ser de 3,2 a 2,8% y reposó durante 12 horas exactas.

6. Curtido mineral

- Pasado el tiempo de rodaje del piquelado se añadió el 12% de licor de cromo para las primeras 4 pieles del tratamiento T1, así como también 14% de licor de cromo para las 4 pieles del tratamiento T2 y finalmente se adicionó a las 4 pieles del tratamiento T3 16% de licor de cromo; cada uno de los porcentajes se lo dividió en tres partes colocándolas con un lapso de tiempo de 30 minutos, luego se añadió el 1% de basificante dividido en 10 veces su peso y se colocó cada parte con un lapsó de 2 horas las dos primeras y la última se rodó por 5 horas. Una vez finalizado este trabajo se replicó el mismo procedimiento en otras pieles que constituyeron la segunda replica o ensayo.

7. Perchado y raspado

Se eliminó el baño y se retiró las pieles las mismas que fueron perchadas colocando una sobre otra por 40 horas, luego se realizó el raspado con un espesor de 0,08 milímetros.

8. Neutralizado y recurtido

- Una vez rebajado a un grosor de 0,08 mm, se pesaron los cueros y se lavaron con el 200% de agua, a temperatura ambiente más el 0,2% de tensoactivo y 0,2 de ácido fórmico, se rodó el bombo durante 20 minutos para luego botar el baño.
- Luego se preparó un baño con el 80% de agua a 35°C y se recurtió con 3% de glutaraldehido, dándole movimiento al bombo durante 40 minutos luego se eliminó el baño y preparó otro baño con el 100% de agua a 40°C, al cual se añadió el 1% de formiato de sodio, para realizar el neutralizado, se giró el bombo durante 40 minutos, y luego se añadió el 1,5% de bicarbonato de sodio y se rodó el bombo durante 60 minutos, se eliminó el baño y se lavaron los cueros con el 300% de agua a 40°C durante 60 minutos. Se botó el baño y se preparó otro con el 60% de agua a 50°C, al cual se adicionó el 1% de Tara, el

3% de rellenanate de faldas, 2% de resina acrílica aniónico diluida de 1:5, se giró el bombo durante 60 minutos.

9. Tintura y engrase

- Al mismo baño se añadió el 2% de anilinas y se rodó el bombo durante 60 minutos, y luego se aumentó el 150% de agua a 70°C, más el 3% de parafina sulfoclorada, más el 2% de lanolina, 10% de ester fosfórico y se mezcló y diluyó en 10 veces su peso.
- Luego se rodó por un tiempo de 60 minutos y se añadió el 0.75% de ácido fórmico y se rodó durante 10 minutos, luego se agregó el 0.5% de ácido fórmico, diluido 10 veces su peso, y se dividió en 2 partes y cada parte se rodó durante 10 minutos, y se eliminó el baño. Terminado el proceso anterior se lavaron los cueros con el 200% de agua a temperatura ambiente durante 20 minutos, se eliminó el baño y se escurrieron los cueros de ternero luego reposaron durante 1 día en sombra (apilados), y se secaron durante 2 – 3 días.

10. Aserrinado, ablandado y estacado

Finalmente se procedió a humedecer ligeramente a los cueros de ternero con una pequeña cantidad de aserrín húmedo, con el objeto de que estos absorban humedad para una mejor suavidad de los mismos, durante toda la noche. Los cueros de ternero se los ablandó a mano y luego se los estacó a lo largo de todos los bordes del cuero, hasta que el centro del cuero tenga una base de tambor y se dejó todo un día.

H. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

1. Análisis sensorial

Para los análisis sensoriales se realizó una evaluación a través del impacto de los sentidos que son los que indican que características debieron presentar cada uno de los cueros de ternero dando una calificación de 5 correspondiente a excelente; 3 a 4 muy buena; y 1 a 2 buena y menos de 1 baja; en lo que se refiere a blandura, tacto y finura de flor.

- Para juzgar la blandura, se realizaron repetidas palpaciones a todas las zonas del cuero para determinar los espacios interfibrilares los cuales debieron, ser los precisos de acuerdo al artículo confeccionado, en este caso es vestimenta por lo tanto la piel debió presentar una suavidad y caída muy alta, comparable con la seda para que el momento de la confección y del uso proporcione las mejores condiciones de manejo tanto al artesano que necesita de un material blando sobre todo para, aquellas piezas que requieren ser dobladas para darle la forma requerida, como para el usuario que lo utilizará a veces en contacto directo con la piel y por largos periodos de tiempo, por lo tanto aquellos cueros que presenten mayor suavidad y caída consiguieron las puntuaciones más altas y por el contrario los cueros que se presentaron más rígidos y acartonados fueron calificados con puntuaciones bajas.
- En todos los procesos de fabricación existen variaciones que pueden afectar la calidad final del producto. En el caso de la industria del Cuero al trabajar con productos químicos y materia prima de diversas procedencias y calidades, estas variaciones se vuelven más subjetivas, por lo tanto para evaluar la variable de tacto fue evaluado a través del órgano del tacto para lo cual se debió tocar el cuero, evaluando su comportamiento al tacto y transmitir a la mano la sensación de liso, deslizante, cálido, etc.
- Para determinar el tamaño del grano de la flor se debió sentir la piel para determinar si se trata de grano lleno, lleno de grano superior, o de grano superior. Plena flor de piel es el más fuerte y está hecho de la capa más

externa de piel de vaca. El grano natural y las imperfecciones se quedan solos por lo que debe sentirse suave y flexible, pero en realidad es el cuero más duradero. Cuero de grano superior es también de la capa más externa de piel de vaca, pero el grano natural y las imperfecciones son lijadas lejos en el proceso de curtido de pieles y granos de imitación están estampadas en él. Cuero de grano superior debieron sentirse más gruesa y más como el plástico, pero también es durable y más barato que el grano completo.

2. Análisis de laboratorio

Estos análisis se los realizaron en el Laboratorio de Curtiembre de Pieles de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la ESPOCH, y se los hizo basándose en la Normas IUP, que regenta la Asociación Española en la Industria del Cuero y cuya metodología se describe a continuación para cada uno de los ensayos de las resistencias físicas del cuero de ternero:

a. Resistencia a la tensión

Para los resultados de resistencia a la tensión en condiciones de temperatura ambiente, la metodología a seguir fue:

- Se colocó la probeta y se sujetó en cada orilla para mantenerla en posición recta, estirada pero no demasiado, en una máquina diseñada para halar la probeta.
- Las dos pinzas se separan ejerciendo fuerza en el cuero hasta cuando éste se rompe entonces la máquina se para y nos brinda el valor de la resistencia.
- La probeta fue examinada para valorar el daño que ha sido producido, las probetas son rectángulos de 70 x 40 mm.
- Se debió medir el grado de daño que se produce en el cuero de ternero en relación a 20.000 flexiones aplicadas al material de prueba.

b. Porcentaje de elongación

El ensayo del cálculo del porcentaje de elongación a la rotura se utilizó para evaluar la capacidad del cuero en aguantar las tensiones multidireccionales a que se encuentra sometido en sus usos prácticos. La elongación es particularmente necesaria en los cosidos, en los ojales, y en todas las piezas con orificios o entalladuras sometidas a tensión. Las normas y directrices de calidad de la mayor parte de curtidos especifican el cumplimiento de unos valores mínimos del porcentaje de elongación.

La característica esencial del ensayo es que a diferencia del ensayo de tracción la fuerza aplicada a la probeta se reparte por el entramado fibroso del cuero a las zonas adyacentes y en la práctica la probeta se comporta como si sufriera simultáneamente tracciones en todas las direcciones. Por ello el ensayo es más representativo de las condiciones normales de uso del cuero, en las que éste se encuentra sometido a esfuerzos múltiples en todas las direcciones. Existen varios procedimientos para medir éste porcentaje pero el más utilizado es el método IUP 40 llamado desgarró de doble filo, conocido también como método Baumann, en el que se mide la fuerza media de desgarró y en IUP 44 se mide la fuerza en el instante en que comienza el desgarró, para lo cual :

- Se cortó una ranura en la probeta.
- Los extremos curvados de dos piezas en forma de "L" se introdujeron en la ranura practicada en la probeta.
- Estas piezas estuvieron fijadas por su otro extremo en las mordazas de un dinamómetro como el que se usa en el ensayo de tracción.
- Al poner en marcha el instrumento las piezas en forma de "L" introducidas en la probeta se separaron a velocidad constante en dirección perpendicular al lado mayor de la ranura causando el desgarró del cuero hasta su rotura total. En todos ellos se toma la fuerza máxima alcanzada en el ensayo.

c. Temperatura de contracción del cuero

El control de la temperatura de contracción del cuero se evaluó la combinación de las moléculas del producto mineral cromo trivalente con los grupos carboxílicos del colágeno de la piel de ternero; que transformaron la piel en cuero. Para lo cual se realizó el corte de un segmento en la sección del cuello del cuero y, se efectuó el dibujo de una plantilla del anteriormente mencionado segmento de cuero sobre la superficie de un papel; posteriormente, se sumergió en agua a una temperatura de 70°C durante dos minutos, para comparar con la plantilla y si no hubo cambios o contracción del cuero se elevó la temperatura del agua a 85°C y nuevamente se sumergió el segmento de cuero por dos minutos como mínimo y se compararon con el dibujo de la plantilla, si no existe contracción del cuero quiere decir que la piel se transformó totalmente en cuero. Se aceptó hasta una contracción del 10% del tamaño del segmento del cuero con el dibujo de la plantilla para considerar que existió la transformación y; si existió un contracción mayor al 10% se consideró que la transformación ha sido incompleta y no se pudo considerar al segmento como cuero.

IV. RESULTADOS DISCUSIÓN

A. EVALUACIÓN DE LAS RESISTENCIAS FÍSICAS DE LAS PIELES DE TERNERO CURTIDAS CON DIFERENTES NIVELES DE LICOR DE CURTIENTE MINERAL

1. Resistencia a la tensión

a. Por efecto del nivel de licor de curtiente mineral

El análisis de la resistencia a la tensión de las pieles de ternero curtidas con diferentes niveles de los licores de curtiente mineral, presentaron diferencias estadísticas ($P < 0,01$) entre medias; por tanto, se determinó que la mejor respuesta se obtuvo al curtir con 16% de licor de cromo (T3), con $1625,33 \text{ N/cm}^2$, las cuales descendieron a $1500,69 \text{ N/cm}^2$ al curtir con 14% de licor de cromo (T2), mientras tanto que las respuestas más bajas fueron reportadas al curtir con 12% de licores de curtiente mineral (T1), como se reporta en el cuadro 7, y se ilustra en el gráfico 4; con lo que se afirma que para curtir pieles de ternero se utilizará 16% de licores de cromo (T3), ya que se mejora la resistencia a la tensión.

Resultados que concuerda con lo expresado en <http://wwwsyberwurx.com>. (2014), al indicar que la teoría de la coordinación de Werner, demuestra que los átomos son clasificados por el número de valencias, ya que aunque la capacidad de combinación de un átomo está colmada posee todavía, en la mayoría de los casos, la propiedad de participar además en la formación de moléculas complejas por el establecimiento de uniones atómicas definidas. Esta reacción química es la que permite a la piel que obtenga las características de un material curtido; ya que la proteína de la piel que es el colágeno se ve transformada por fenómenos químicos y cambia toda su estructura obteniéndose así un compuesto con nuevas características, el que le confiere la imputrescibilidad de las pieles para que puedan ser usadas para los propósitos adecuados, en este caso la confección de vestimenta. Por lo tanto se afirma que a mayor contenido de licores de curtiente

Cuadro 7. EVALUACIÓN DE LAS RESISTENCIAS FÍSICAS DE LAS PIELES DE TERNERO CURTIDAS CON DIFERENTES NIVELES DE LICOR DE CURTIENTE MINERAL.

VARIABLES	NIVELES DE LICOR DE CURTIENTE MINERAL, %.			EE	Prob	Sign
	12% T1	14% T2	16% T3			
Resistencia a la Tensión, N/cm ² .	1315,73 b	1500,69 ab	1625,33 a	80,71	0,0443	*
Porcentaje de elongación, %.	26,63 a	25,00 ab	18,75 b	2,08	0,0368	*
Temperatura de contracción, °C.	81,50 b	96,13 a	96,63 a	0,73	0,0001	**

EE: Error estadístico.

Prob: probabilidad.

Sign: Significancia.

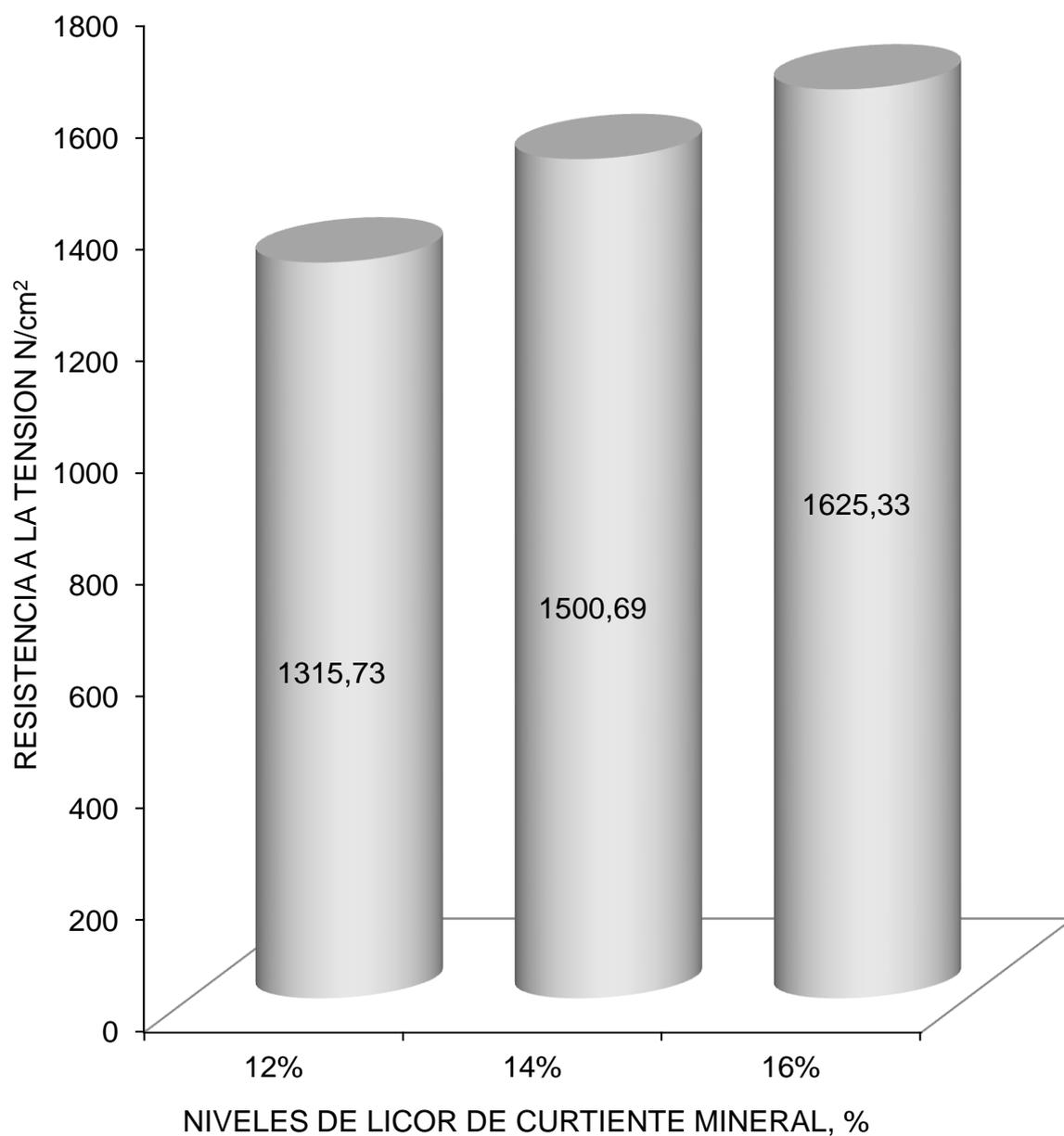


Gráfico 4. Comportamiento de la resistencia a la tensión de las pieles de ternero curtidas con diferentes niveles de licor de curtiembre mineral.

mineral se mejora las respuestas de resistencia a la tensión; ya que la formación de complejos permite que se originen compuestos más estables, con esto aumenta la resistencia que tiene las fibras de colágeno; ya que al ser un compuesto estable resiste mucho más debido a que el enlace no se rompe con facilidad; y esto es debido a la fuerza de atracción electrostática que se da entre el grupo amino e hidroxilo que son los dos extremos libres que tiene la proteína del colágeno que entran en contacto con el cromo trivalente de los licores y se enlazan formando cristales; los mismos que, son muy difíciles de romper e incluso soportan fuerzas extremas, ya que la unión de los iones se enlaza de manera muy ordenada formando un complejo muy fuerte.

Los datos expuestos de resistencia a la tensión al ser comparados con la Asociación Española del Cuero que en su norma técnica IUP 8 (2002), infiere un mínimo de 1500 N/cm^2 ; se puede ver que al utilizar los tres diferentes niveles de licor de cromo se cumple con estas exigencias por lo tanto se determina que los cueros son muy resistentes tanto a la manufactura como al uso diario, en los que las inclemencias del tiempo pueden producir una rotura fácil al producirse el movimiento de tracción en el hombro o en las costuras .

Mediante el análisis de regresión que se ilustra en el gráfico 5, se aprecia que los datos se ajustan a una tendencia lineal positiva significativa, donde se aprecia que partiendo de un intercepto de $396,98 \text{ N/cm}^2$ la resistencia a la tensión asciende en $77,4 \text{ N/cm}^2$, por cada unidad de cambio en el nivel de licores de cromo aplicado a la curtición de las pieles de ternero, destinadas a la confección de vestimenta, con un coeficiente de determinación R^2 de $43,46\%$; mientras tanto que, el $56,54\%$ restante depende de otros factores no considerados en la presente investigación y que tiene que ver básicamente con la precisión en el pesaje de los productos químicos no solamente utilizados en el proceso de curtición sino también en el remojo y acabado de los cueros el coeficiente de correlación que fue de $0,89$; infiere una relación positiva alta . La ecuación de regresión lineal aplicada fue:

$$\text{Resistencia a la tensión} = 396,98 + 77,4(\% \text{ LC}).$$

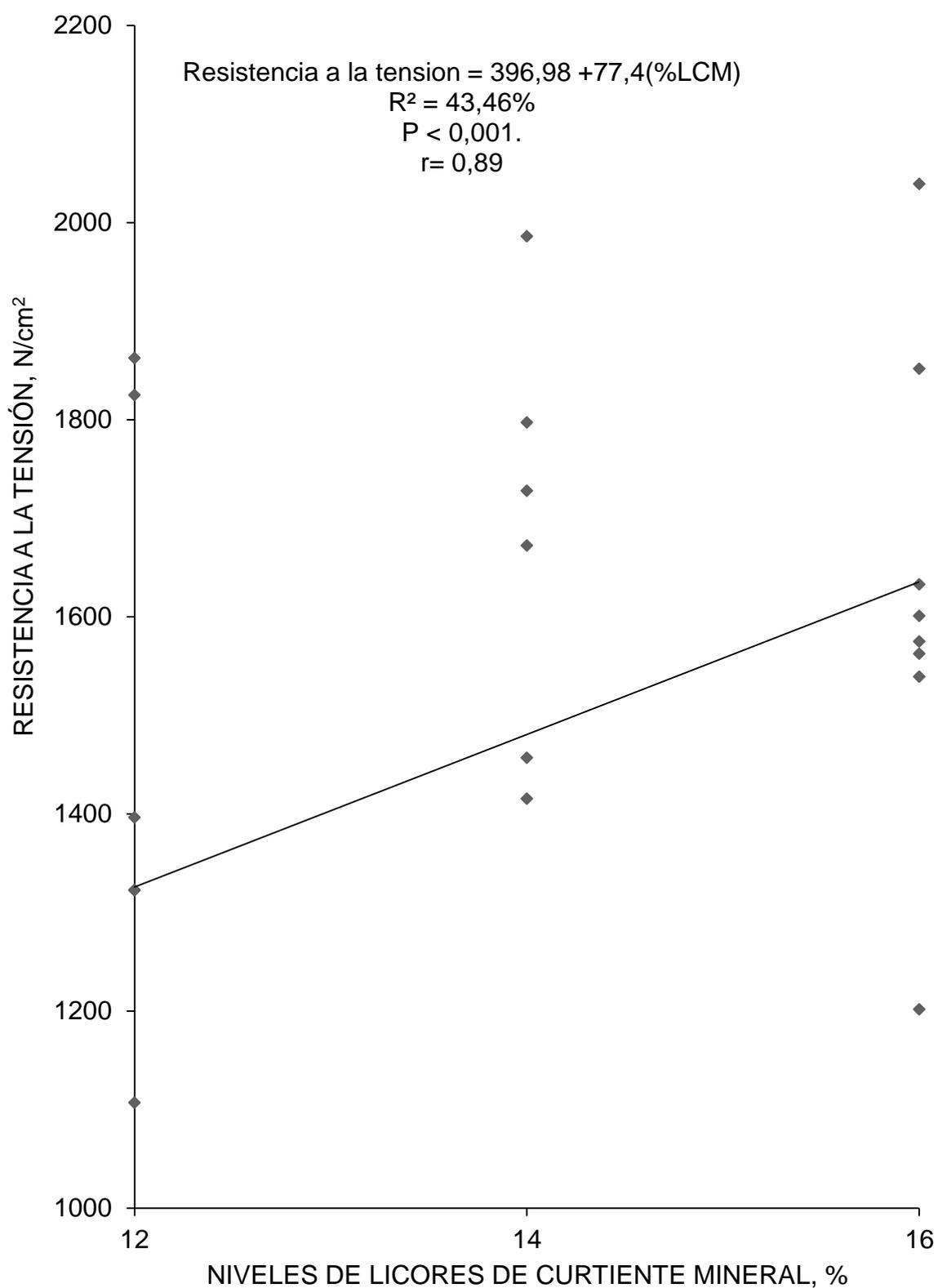


Gráfico 5. Regresión de la resistencia a la tensión de las pieles de ternero curtidas con diferentes niveles de licor curtiente mineral

b. Por efecto de los ensayos

Los valores medios obtenidas de la resistencia a la tensión de las pieles de ternero curtidas con diferentes niveles de licores de cromo presentaron diferencias altamente significativas ($P < 0,01$) entre medias por efecto de los ensayos; por lo tanto, se puede observar q la mejor respuesta al curtir las pieles de ternero con licores de cromo en el primer ensayo (E2); con $1625,52 \text{ N/cm}^2$ y que descendieron a $1335,64 \text{ N/cm}^2$, al curtir las pieles en el segundo ensayo (E2); como se ilustra en el gráfico 6. El análisis de la resistencia a la tensión, indican la influencia de factores que no pudieron ser controlados por lo tanto no se consiguió replicar con éxito la calidad física de la piel, sin embargo las respuestas en los dos lotes de producción superan las normativas del cuero destinado a vestimenta.

Los principales problemas que se pudieron presentar en la réplica de los pruebas y que influyeron en las diferencias estadísticas son la calidad de la materia prima (pieles de ternero); que resultan con frecuencia muy diferentes; puesto que, cada piel se obtiene de animales sometidos a un determinado método de crianza; manejo y conservación después de su faenamiento, pero en este caso no sería problema ya que a nivel industrial se podría clasificar a las pieles y estandarizar su calidad; debiendo considerarse únicamente que pieles son muy cotizadas ya que no presentan ningún tipo de lastimado o falla, los únicos inconvenientes que presentan es su tamaño pequeño, costo elevado ya que, no son muy comunes sin embargo producen cueros muy hermosos y resistentes .

Es evidente que en la actualidad, solamente las tenerías con mayores recursos económicos y técnicos, pueden implementar un control cualitativo, para obtener uniformidad constante en cuanto a concentración y basicidad de los licores de cromo. En nuestros días, el aspecto ecológico debe ser también considerado, en virtud de la elevada toxicidad del cromo hexavalente, constituyéndose por lo tanto los resultados de la presente investigación de gran aporte para evitar el daño ambiental producido por la curtiembre, ya que los licores de cromo ingresan en la piel, evitando un porcentaje elevado de cromo residual.

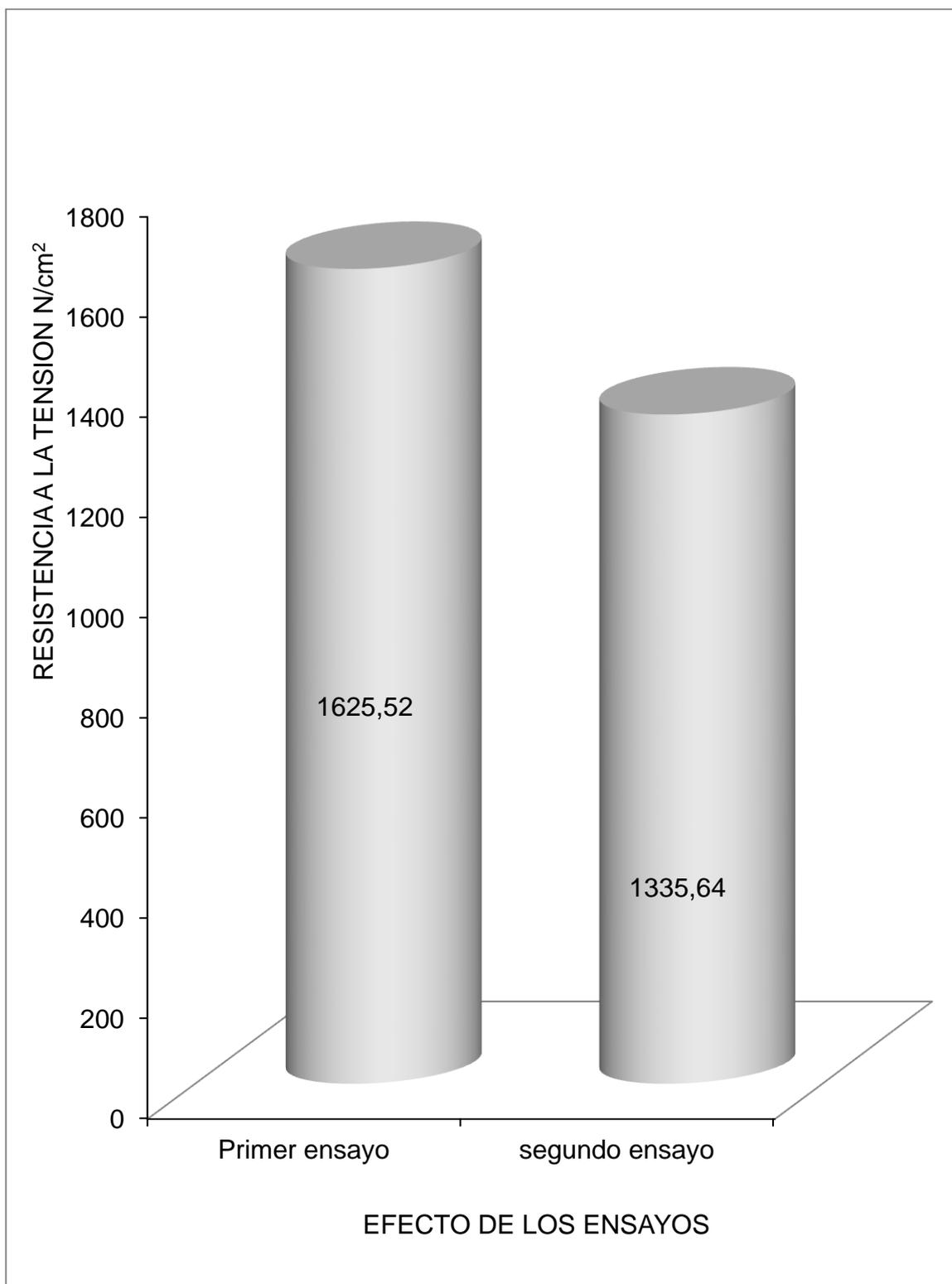


Gráfico 6. Evaluación de la resistencia a la tensión de las pieles de ternero curtidas con diferentes niveles de licor de curtiembre mineral por efecto de los ensayos.

c. Por efecto de la interacción niveles de curtiente mineral por los ensayos

La valoración de la resistencia a la tensión de las pieles de ternero presentaron diferencias estadísticas ($P < 0,01$), entre medias por efecto de la interacción entre los diferentes niveles de licores de cromo y los ensayos, por lo tanto al realizar la separación de medias según Tukey se observa la mejor respuesta al curtir las pieles con 16% de licor de cromo en el segundo ensayo (T3E2), con 1771,50 N/cm²; continuando el análisis se obtuvo la tensión al curtir las pieles de ternera con el 14% de licores de cromo en el primer ensayo (T2E1), con 1795,83 N/cm², a continuación se reporta la tensión alcanzada al curtir las pieles con 12% de licores de cromo en el primer ensayo (T1E1) con 1601,58 N/cm²; las cuales descendieron a 1479,15 N/cm², al curtir las pieles de ternera con el 16% de licores de cromo en el primer ensayo (T3E1), continuando el análisis se registran las respuestas al curtir las pieles de ternera con el 14% de licores de cromo en el primer ensayo (T2E1), con respuestas de 1205,55 N/cm², mientras tanto que las respuestas más bajas fueron registradas al curtir las pieles con 12% de licores de cromo en el segundo ensayo (T1E2), con 1029,88 N/cm², como se ilustra en el gráfico 7.

En las últimas décadas la industria curtiembre ha ido avanzando a un ritmo muy acelerado; debido a que se han inventado muchas tecnologías que han mejorado el proceso de curtiembre y que a nivel industrial han abaratado costos de producción haciendo así que se tenga mejores ganancias con lo cual ha sido una industria muy rentable a nivel mundial; pero solo se ha evaluado las ganancias y el mejor beneficio para el dueño de la industria pero no se ha tenido en consideración las consecuencias de curtir desmedidamente ya que el ambiente está sufriendo esas consecuencias. Aunque éste versátil metal pesado juega un rol importante en el metabolismo de plantas y animales, en bajas concentraciones, sus derivados oxidados (Cr6+) son extremadamente tóxicos. Por otra parte, los licores también poseen concentraciones elevadísimas de cloruro de sodio, cuyos efectos negativos al medio ambiente se califican por la salinidad que otorga a los suelos de cultivo.

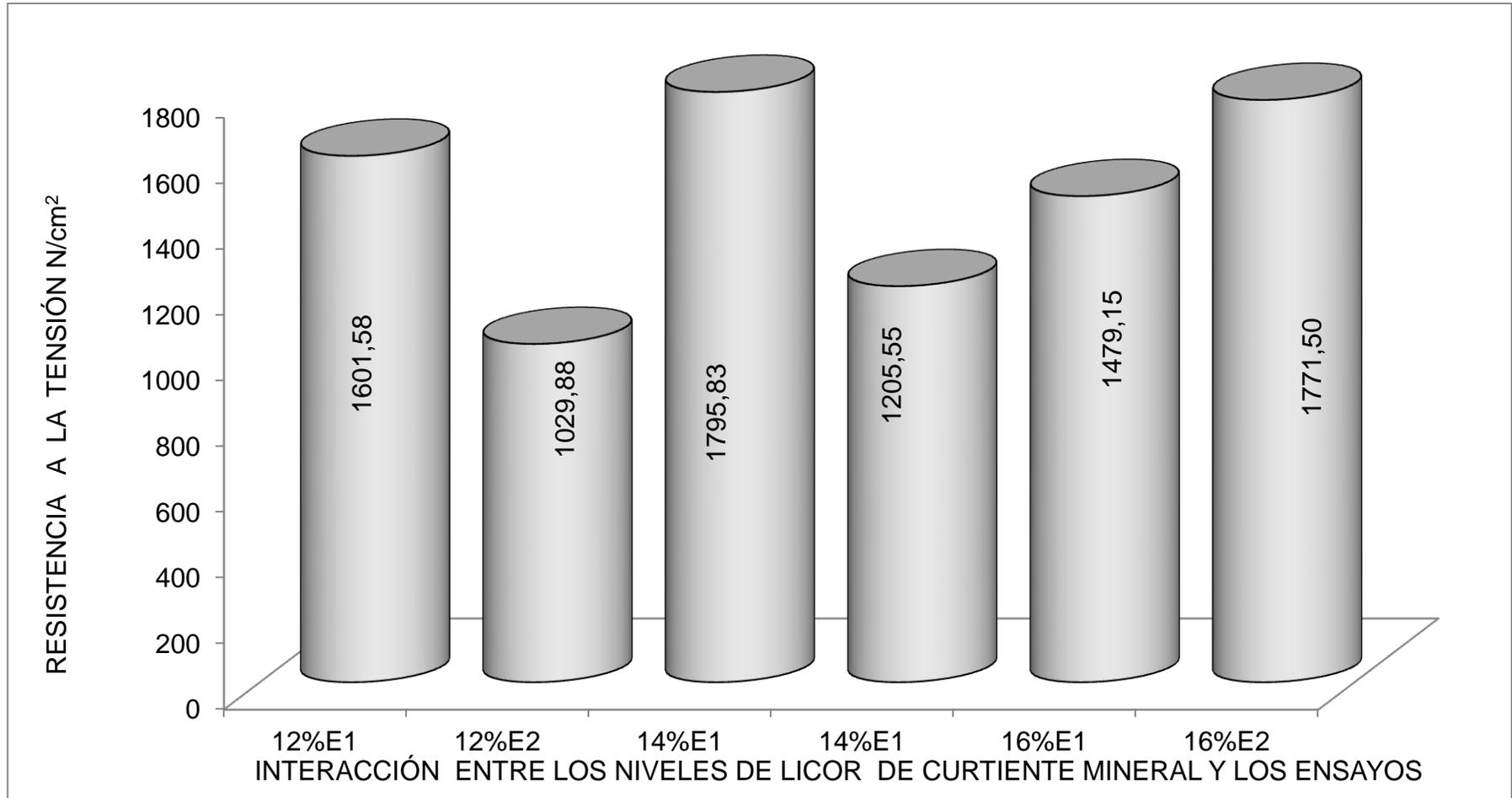


Gráfico 7. Comportamiento de la resistencia a la tensión de las pieles de ternero por efecto de la interacción entre los diferentes niveles de licor de curtiente mineral y los ensayos.

2. Porcentaje de elongación

a. Por efecto del nivel de licor de curtiente mineral

La evaluación estadísticas del porcentaje de elongación de las pieles de ternera registró diferencias estadísticas ($P < 0.01$) entre medias; por efecto de los diferentes niveles de licores de curtiente mineral aplicado a la formula de curtición, registrándose la mejor respuesta al curtir las pieles de ternero con 12% de licores de cromo (T1), con valores 26,63%, las cuales descendieron a 25,00%; al curtir, las pieles con 14% de licores de cromo (T2), en tanto que la elongación más baja se registró al curtir las pieles con 16% de licores de cromo (T3), con 18,75%, como se ilustra en el gráfico 8, razón por la cual se puede concluir que al utilizar menores niveles de licores de cromo (12%), en la curtición de las pieles de ternera se obtienen mejores respuestas en el porcentaje de elongación.

Lo que es corroborado según [http://www.greenpeace.org/report.\(2014\)](http://www.greenpeace.org/report.(2014)), a la capacidad de combinación del átomo de cromo que se divide en dos esferas de atracción: la esfera interna o de coordinación y la esfera externa o de ionización. Las moléculas neutras o iones de cargas contrarias se coordinan en torno a un ión central dentro de la esfera interna. El número de grupos capaces de disponerse en torno al ión central, es el número de coordinación del ión en cuestión. Alrededor de un ión central pueden coordinarse no sólo moléculas neutras sino también iones. Por lo tanto la carga electrovalente total del complejo varía con el número de iones cargados y moléculas neutra que se encuentran dentro de la esfera de coordinación. Las moléculas coordinadas pueden ser reemplazadas total o parcialmente por iones, lo que determina cambios en la electrovalencia del ion complejo, y el ión que entra pierde su carácter electrovalente y queda unido al ión central por una unión coordinada. El átomo de cromo, al igual que el aluminio y hierro, tiene un número de coordinación de seis. El hecho en que las pieles curtidas con mayores niveles de cromo hace referencia a dos fenómenos que ocurren en la piel curtida con cromo y estos son: un factor químico de enlace y un fenómeno mecánico de electro atracción; el primer fenómeno el de enlace químico hace referencia a la complejidad que ocurre entre

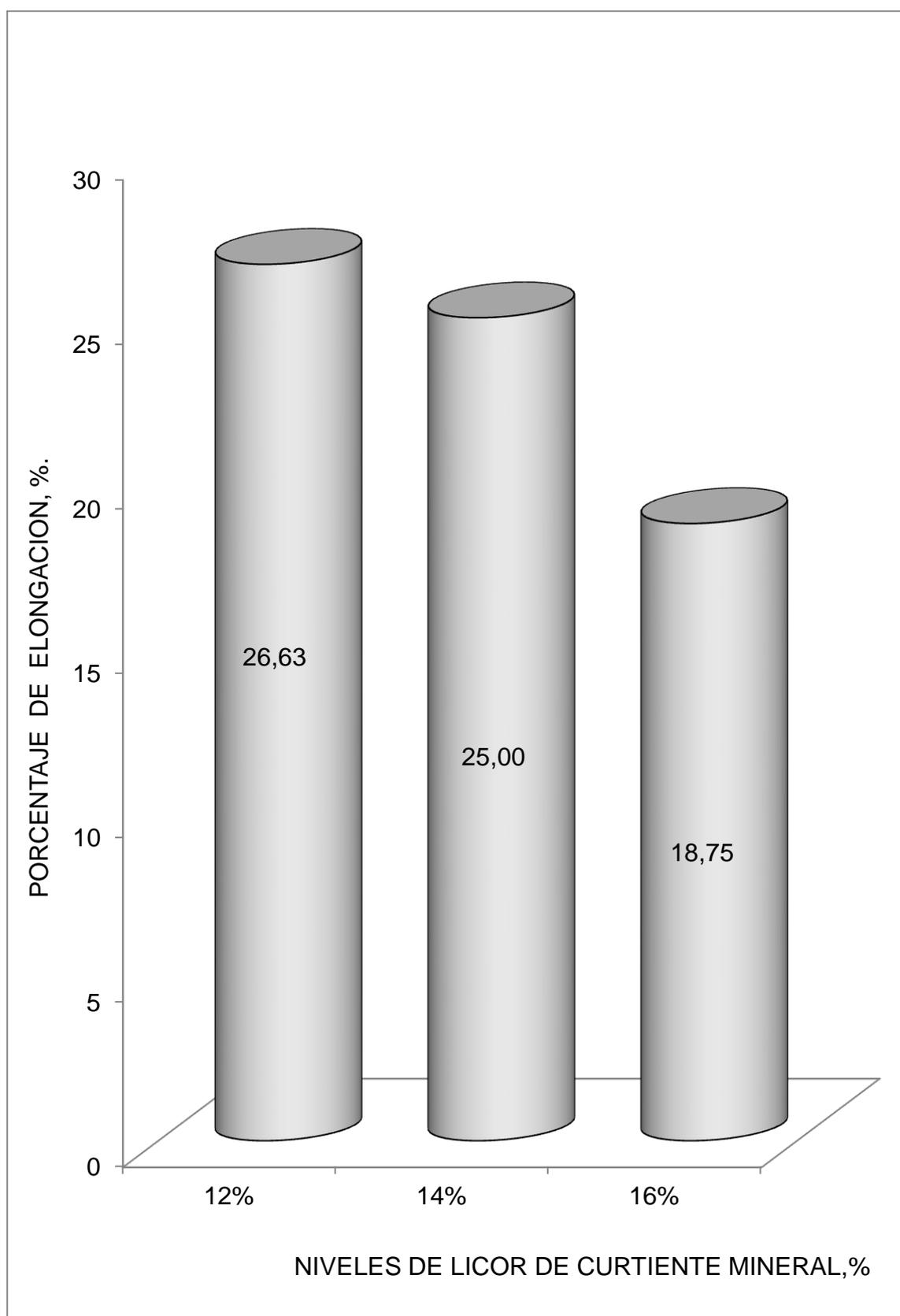


Gráfico 8. Comportamiento del porcentaje de elongación de las pieles de ternero curtidas con diferentes niveles de licor de curtiente mineral.

las fibras de colágeno y el cromo; ya que el cromo es conocido como un ácido de Lewis que en su capa más externa tiene 6 electrones de valencia distribuidos en el nivel 4; por cuanto puede aceptar a una base de Lewis hasta donando sus seis electrones; lo cual ,lo hace con el colágeno de la piel que es una sustancia anfótera esto quiere decir que tiene dos cargas una negativa y una positiva con lo cual puede actuar como base de Lewis o como ácido de Lewis; cuando actúa como ácido de Lewis dona el protón unido al grupo extremo amino que tiene en su composición y cuando actúa como base de Lewis acepta un par electrónico para que se enlace a el grupo carboxílico; esto hace que el cromo done sus electrones y se enlace con el colágeno pero este es un enlace muy rígido ya que sus electrones son muy localizados por lo cual no pueden separarse con esto le confiere al cuero una rigidez y hace que el índice de elongación sea muy bajo, cuando se aplica mayores niveles de licor curtiente.

Las respuestas del porcentaje de elongación, son inferiores a las normativas de calidad de la Asociación Española del cuero que infiere en su norma técnica IUP 8 (2002), valores que oscilan entre 40 y 80%, lo que se debe a que al curtir se de pieles de ternera que son tiernas sumamente suaves, se alargan, por lo tanto son ideales para la confección de prendas de vestir, donde se requiere elasticidad para que se adapten al cuerpo sin producir molestias.

Mediante el análisis de regresión que se indica en el gráfico 9, se aprecia que los datos se ajustan a una tendencia lineal negativa altamente significativa, donde se establece que partiendo de un intercepto de 50,79 %, el porcentaje de elongación desciende en 1,96%; por cada, unidad de cambio en el nivel de licores de cromo aplicado a la curtición, con un coeficiente de determinación R^2 de 44,812% mientras tanto que el 55,13%; restante depende de otros factores no considerados en la presente investigación y que tiene que ver básicamente con la precisión en el pesaje de los productos químicos no solamente utilizados en el proceso de curtición sino también en el remojo y acabado de los cueros. La ecuación de regresión lineal negativa aplicada fue:

Porcentaje de elongación = 50,79% - 1,96 (%LCM).

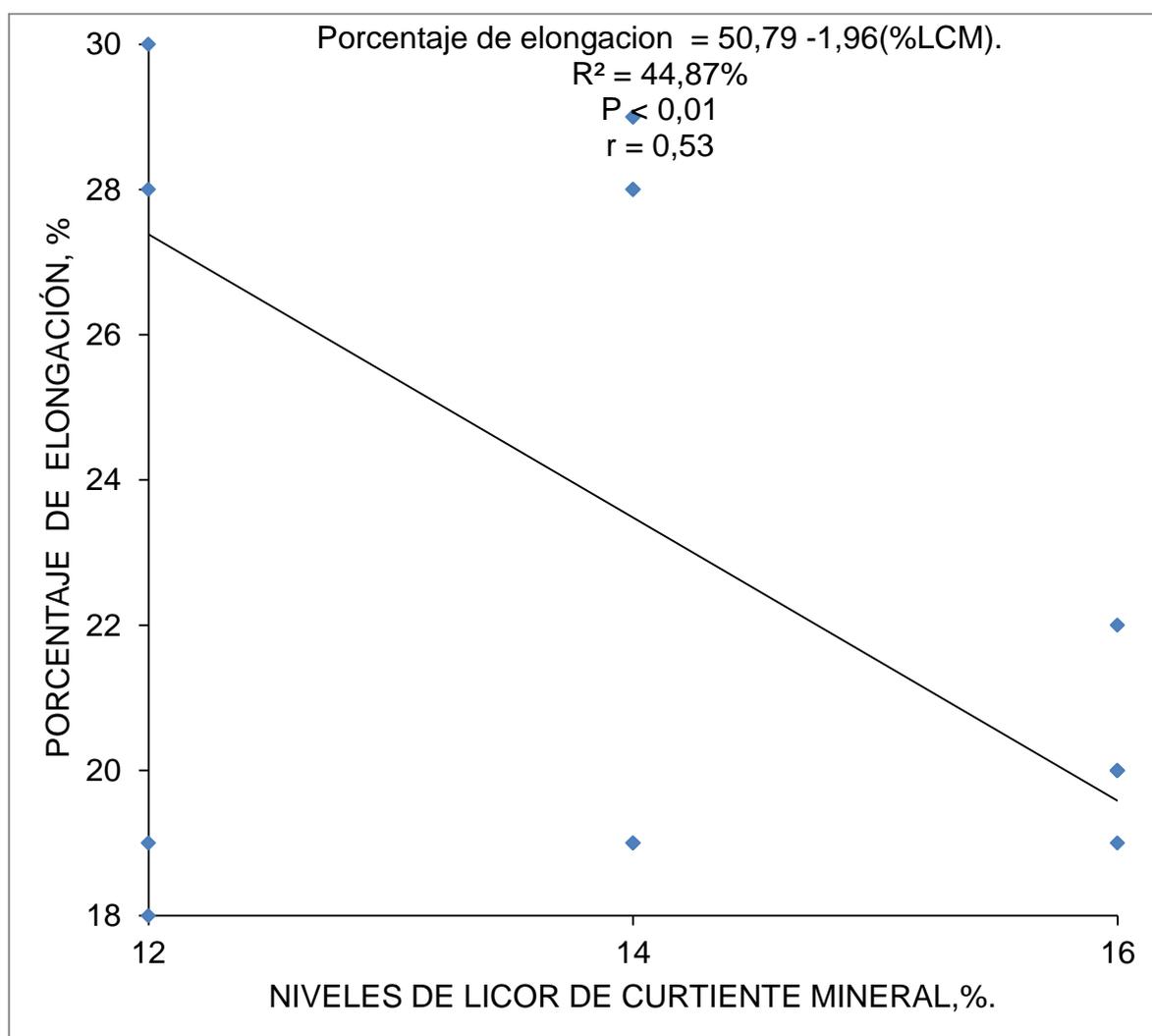


Gráfico 9. Regresión del porcentaje de elongación de las pieles de ternero curtidas con diferentes niveles de licor curtiente mineral.

b. Por efecto de los ensayos

El análisis estadístico de las respuestas de porcentaje de elongación de las pieles de ternero curtidas con diferentes niveles de licores de cromo por efecto de los ensayos no reportó diferencias estadísticas ($P > 0.05$); sin embargo de carácter numérico se aprecia las mejores respuestas en el segundo ensayo (E2), 23,83% y que descendieron a 23,08%; en el lote de pieles del primer ensayo, como se reporta en el cuadro 8, y se ilustra en el gráfico 10, al no existir diferencias estadísticas entre medias se puede afirmar que las condiciones experimentales se de la investigación fueron controladas para permitir la replicación del porcentaje de elongación.

Cuadro 8. EVALUACIÓN DE LAS RESISTENCIAS FÍSICAS DE LAS PIELS DE TERNERO CURTIDAS CON DIFERENTES NIVELES DE LICOR DE CURTIENTE MINERAL, POR EFECTO DE LOS ENSAYOS.

VARIABLES	EFECTO DE LOS ENSAYOS		EE	Prob.	Sign.
	Primer Ensayo	Segundo ensayo			
	E1	E2			
Resistencia a la Tensión, N/cm ² .	1625,52 a	1335,64 b	65,9	0,01	**
Porcentaje de Elongación, %.	23,08 a	23,83 a	1,7	0,76	ns
Temperatura de Contracción, °C.	91,83 a	91,00 a	0,6	0,34	ns

EE: Error estadístico.

Prob: probabilidad.

Sign: Significancia.

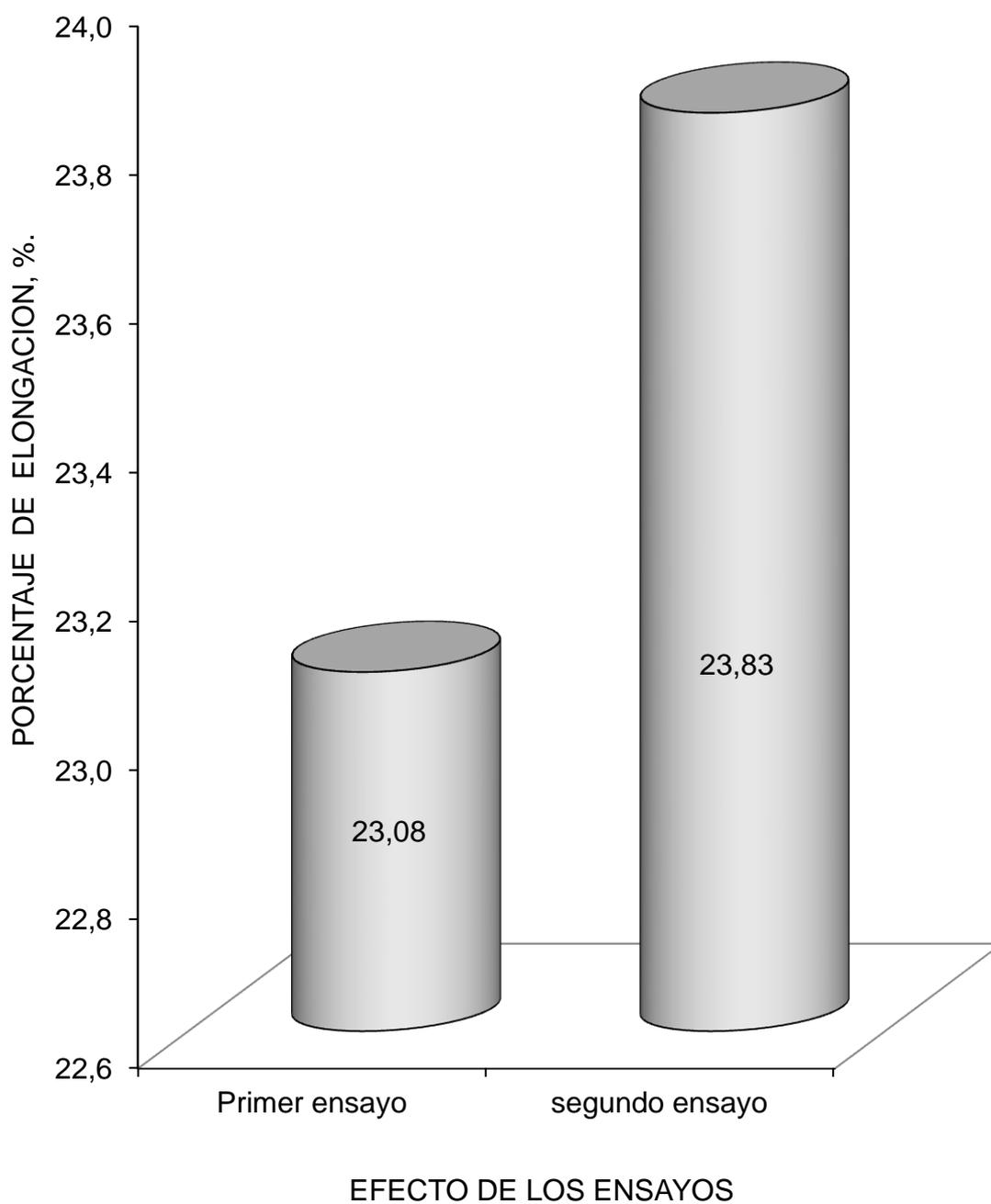


Gráfico 10. Comportamiento de la resistencia a la tensión de las pieles de ternero curtidas con diferentes niveles de licor de curtiente mineral, por efecto de los ensayos.

Al replicar una fórmula de curtición a nivel industrial se presentan problemas, ya que no siempre se tiene en todos los lotes de producción cueros con las mismas características, y mucho más al trabajar con 100 o más pieles diarias, siendo muy complejo regular todos los fenómenos que en ella se realizan; ya que al poner los cueros en los fulones o bombos, la piel comienza a interactuar con los productos químicos propios de la formulación y es ahí donde el técnico no puede evaluar en su totalidad las pieles ni controlar sobre todo el efecto mecánico; produciéndose fallas que afectaran sobre todo las resistencias físicas del cuero, con esto el experto curtidor debe escoger una muestra representativa; para preparar los protocolos de producción y al no registrarse diferencias estadísticas se aprecia que se normalizó las características físicas entre lotes de producción, especialmente en lo que tiene que ver con el porcentaje de elongación que es muy importante en la zona de las costuras y de los ojales y sobre todo en las entalladuras que deben soportar las tensiones multidireccionales el momento del armado de la prenda de vestir .

c. Por efecto de la interacción niveles de curtiente mineral por los ensayos

En el análisis estadístico del porcentaje de elongación de las pieles de ternero no se presentaron diferencias estadísticas ($P > 0,05$), por efecto de la interacción entre los diferentes niveles de licores de curtiente mineral (cromo), y los ensayos, sin embargo numéricamente se reportó la mejor respuesta al curtir las pieles con 12% de licor de cromo en el segundo ensayo (T1E2), con valores de 27,75%; continuando el análisis se registró la elongación al curtir las pieles de ternera con el 14% de licores de cromo en el primer ensayo (T2E1), con valores de 26,25%, prosiguiendo el análisis se reportó los resultados de las pieles curtidas con 12% de licores de cromo en el primer ensayo (T1E1), con registros de 25,50%; las cuales descendieron a 23,75%, al curtir las pieles con el 14% de licores de cromo en el segundo ensayo (T2E2), continuando el análisis se alcanzaron las respuestas al curtir las pieles con el 16% de licores de cromo en el segundo ensayo (T3E2), con registros de 20,00%, en tanto que la elongación más baja se reportó al curtir las pieles con 16% de licores de cromo en el primer ensayo (T3E1), con medias de 17,50%; como se ilustra en el gráfico 11.

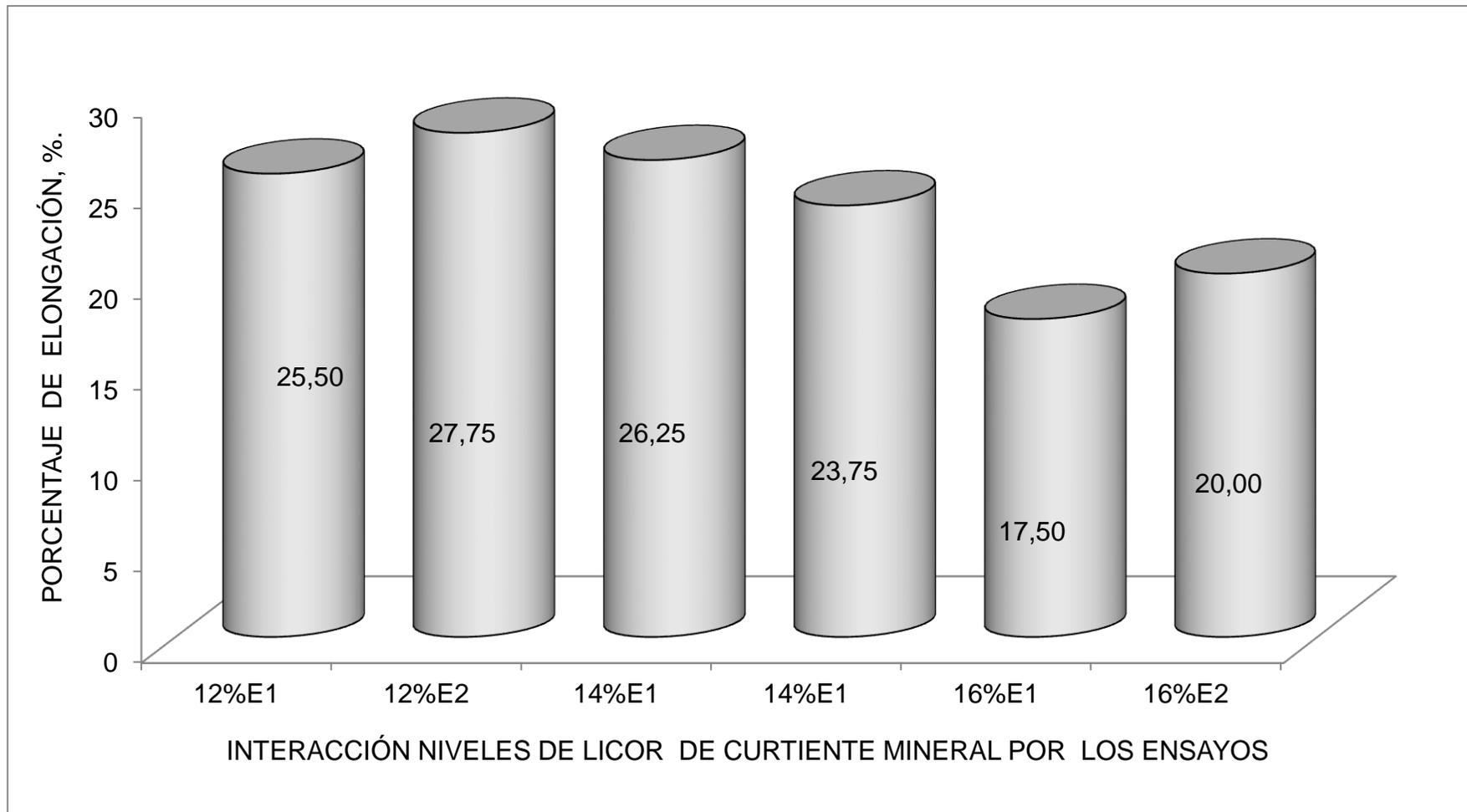


Gráfico 11. Comportamiento del porcentaje de elongación de las pieles de ternero por efecto de la interacción entre los diferentes niveles de licor de curtiente mineral y los ensayos.

De acuerdo a los reportes antes mencionados se afirma que para la característica física de porcentaje de elongación es más factible usar menores niveles de licores de cromo debido a que se obtienen mejores respuestas. Lo más óptimo para la industria curtidora es obtener cueros de gran calidad pero que a su vez sean vistosos y resistentes a las condiciones a las cuales estén expuestos. Luck, N. (2009), señala que en la actualidad son muy pocas las tenerías que todavía reducen sus propios licores de cromo, pues las disposiciones gubernamentales cada día más rigurosas tendientes a la conservación del medio ambiente, han puesto serias limitaciones al empleo del cromo hexavalente. El uso de sulfato básico de cromo comercial, líquido o en polvo, ha hecho posible que los curtidores dispongan de un producto estandarizado y de fácil manejo, que permite minimizar las irregularidades de fabricación, y garanticen la homogeneidad de calidad entre lotes de producción.

3. Temperatura de contracción

a. Por efecto del nivel de licor de curtiente mineral

En la valoración estadística de la temperatura de contracción de las pieles de ternera curtidas con diferentes niveles de licores de curtiente mineral (cromo), se presentaron diferencias estadísticas altamente significativas ($P < 0.01$), entre medias, observándose por lo tanto que las pieles soportan una mayor temperatura antes de producirse el contracción al curtir con 16% de licores de cromo (T3), con valores de 96,63°C, y que descendieron a 96,13°C, al curtir las pieles de ternero con 14% de licores de cromo (T2), mientras tanto que los resultados más bajos se consiguieron al curtir con 12% de licores de cromo (T1), con valores de 81,50°C; como se ilustra en el gráfico 12. Del análisis de los reportes antes mencionados se concluye que mayores niveles de cromo producen mejores respuestas de temperatura de contracción de las pieles de ternero; un ejemplo de estas pieles podría ser el uso de las pieles para confeccionar guantes ya que deben resistir mucho las condiciones de cambio climático para que proporcionar al usuario una seguridad en sus labores cotidianas.

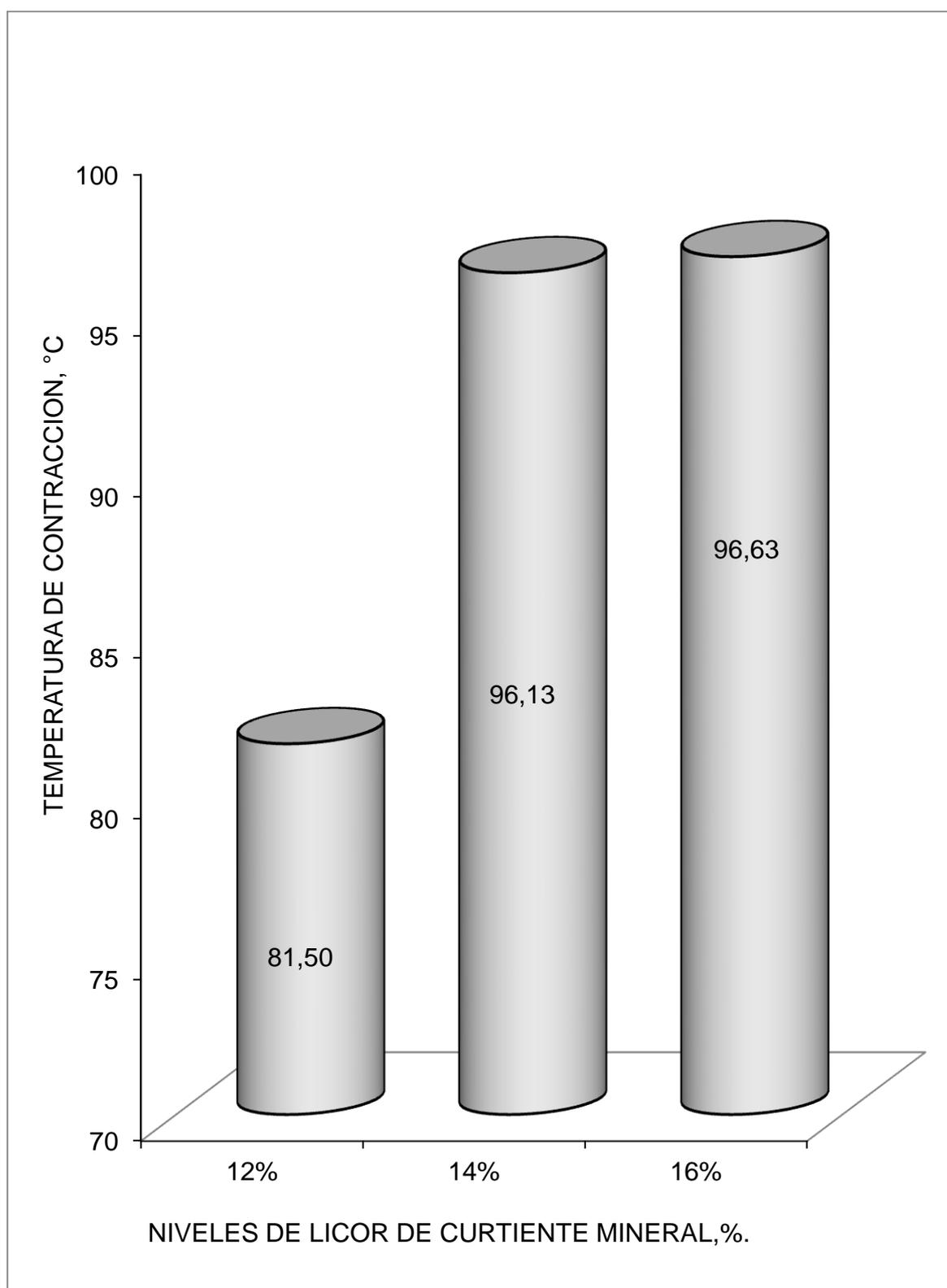


Gráfico 12. Comportamiento de la temperatura de contracción de las pieles de ternero curtidas con diferentes niveles de licor de curtiente mineral.

Lo que puede deberse a lo señalado por Ludwigshafe, P. (2009), quien manifiesta que es un ensayo que se puede utilizar en cualquier tipo de cuero cuya temperatura de contracción sea inferior a 100°C. Si una tira de cuero se calienta en agua, tiene lugar una súbita contracción a una temperatura que es característica de la curtición. Esta temperatura se denomina temperatura de contracción. En una curtición con licores de cromo la piel se enlace con mayor fuerza entre los dos ligandos y por ello aumenta las características físicas de la piel ya que al ser un cristal muy ordenado el que se forma de la unión del cromo III y las fibras de colágeno se aumenta el punto de fusión y de ebullición del compuesto nuevo formado por fenómenos físicos; al someter al calor a la piel de ternera se produce un fenómeno de electrones libres esto quiere decir que mientras más localizados estén los electrones más poder de conductividad tendrán y con esto aumenta el punto de fusión y de ebullición debido que al conducir mayormente el calor no se genera una energía mayor en las moléculas con lo que se puede dar una fusión de las moléculas y se da su separación aumentando su energía cinética y creando una mayor entropía sin existir desorden en las moléculas; sino más bien aparecen los cristales bien formados con lo cual aumenta su temperatura de encogimiento, además es necesaria acotar que es conocido que al calentar un cuerpo aumentan su temperatura y su energía interna, ya que la agitación y el movimiento de las partículas que lo forman es cada vez mayor, siendo necesario tomar en consideración que mientras mayor temperatura soporten los cueros mejor será la calidad del material producido. El licor de cromo no contiene insolubles como suele ocurrir con las sales, de modo que el porcentaje expresado en la literatura es neto, mientras que en el cromo en polvo, la presencia de insolubles, afecta negativamente el contenido de Cr_2O_3 , puede llegar en casos exagerados a neblar las pieles y hasta provocar problemas en el caso de dividir en azul.

Mediante el análisis de regresión que se ilustra en el gráfico 13, se aprecia que la dispersión de los datos se ajustan a una tendencia lineal positiva altamente significativa, donde se aprecia que partiendo de un intercepto de 38,48°C, la temperatura de contracción de las pieles de ternera se elevan en 3,78°C, por cada unidad de cambio en el nivel de licores de curtiente mineral aplicado a la

curtición de las pieles de ternero, con un coeficiente de determinación R^2 de 71,61% mientras tanto que el 28,49% restante depende de otros factores no considerados en la presente investigación y que tiene que ver básicamente con la temperatura, tiempo y posición, a la cual es sometida la tira de piel de ternera . La ecuación de regresión lineal aplicada fue:

Temperatura de contracción = $38,48 + 3,78 (\%CM)$.

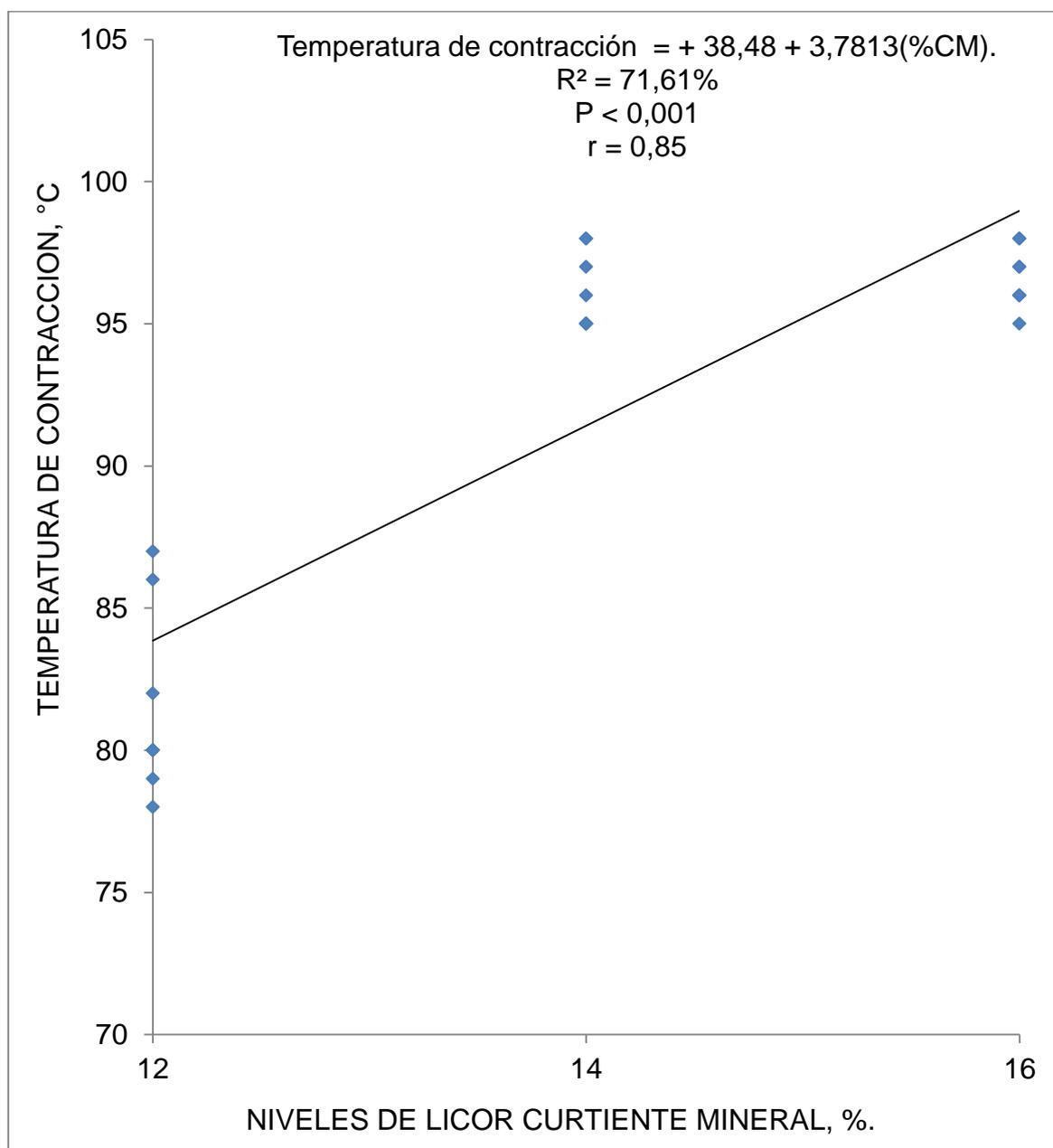


Gráfico 13. Regresión de la temperatura de contracción de las pieles de ternero curtidas con diferentes niveles de licor curtiente mineral.

b. Por efecto de los ensayos

Al realizar el análisis de varianza de la temperatura de contracción de las pieles de ternera curtidas con diferentes niveles de licores de cromo por efecto de los ensayos no se presentaron diferencias estadísticas ($P > 0.05$), entre medias; sin embargo el análisis numérico registró la mejor respuesta al curtir las pieles con licores de cromo en el primer ensayo (E1), ya que sus valores reportaron medias de $91,83^{\circ}\text{C}$ y que descienden a $91,00^{\circ}\text{C}$, al curtir las pieles del segundo ensayo; como se ilustra en el gráfico 14, en cuanto a las respuestas antes mencionados, se afirma que al no existir diferencia estadísticas entre lotes de producción se evidencia que las condiciones experimentales estuvieron bien controladas.

La evidencia de que una muestra puede ser replicada en cualquier laboratorio siguiendo una práctica determinada es evaluar mediante test estadísticos para demostrar aceptando o rechazando la hipótesis nula y con esto se demuestra la significancia de los datos; todo esto se evalúa ya que en la industria o en el desarrollo tecnológico siempre se intenta demostrar que una técnica se puede desarrollar y para esto no solo hace falta que se tenga éxito en su desarrollo; sino que también debe ser evaluada en otros laboratorios o en otros centros de desarrollo de proceso ya que así se puede demostrar y en su totalidad aceptar la práctica; hoy en día todas las pruebas y nuevas tecnologías están regentadas bajo normas ya sea nacionales o internacionales.

Además Adzet J. (2005), infiere que el uso de cromo líquido, ofrece amplias ventajas desde el punto de vista de uso práctico y ecológico, al no generar desperdicios. El cromo en polvo no se puede enmascarar previo a su uso salvo disolviéndolo, pero como en este caso el ion que predomina tiene carga negativa, sería necesario disolver en caliente y reposar un día para otro, hasta que se revierta la carga de negativa a positiva o sea que en realidad, regresaría a su estado original; licor de cromo, es por esta razón que al someter el cuero al calor soporta una mayor temperatura antes de producirse la contracción del cuero y sobre todo en poco tiempo regresa a su estado original.

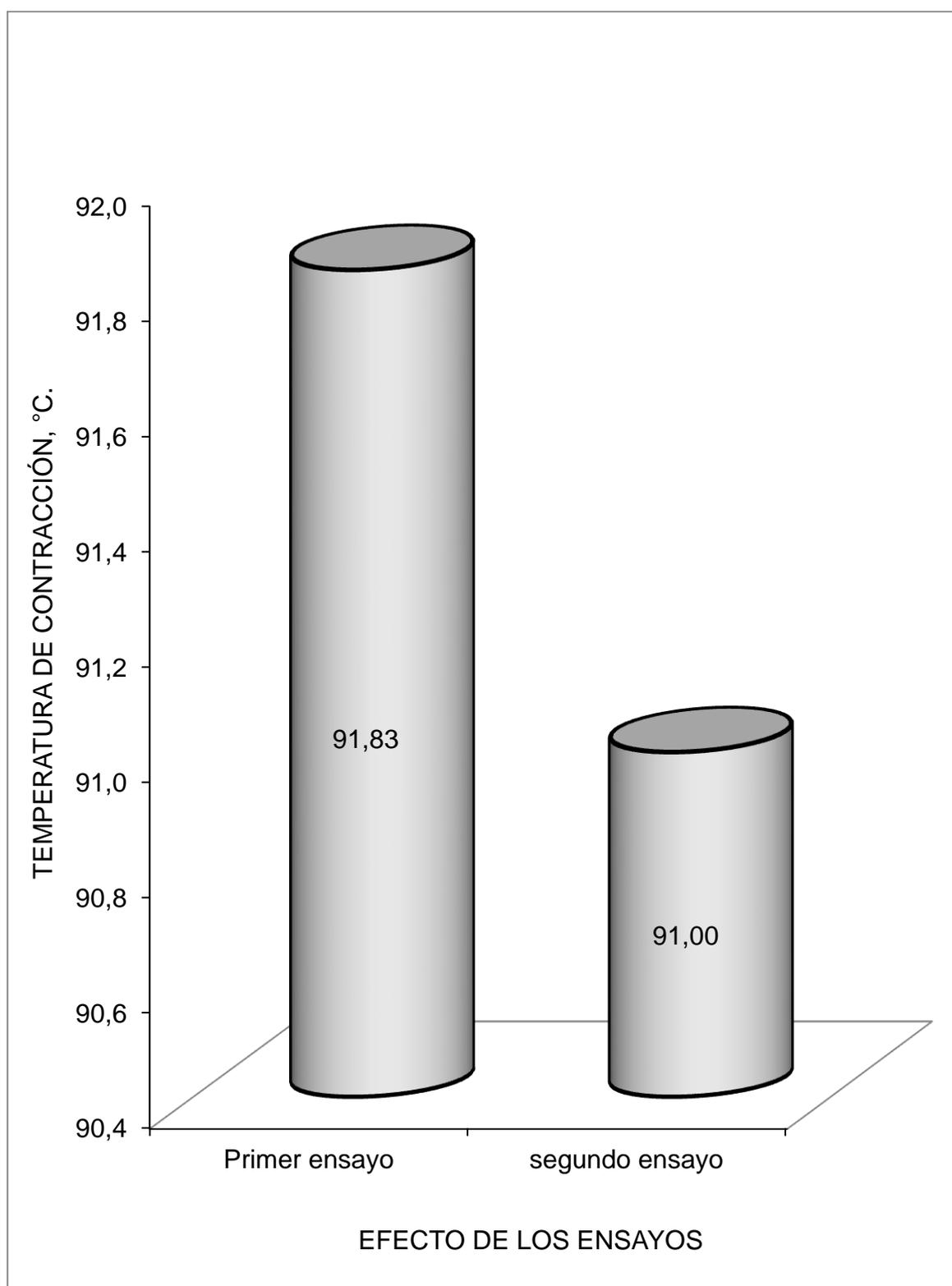


Gráfico 14. Comportamiento de la resistencia a la tensión de las pieles de ternero curtidas con diferentes niveles de licor de curtiente mineral, por efecto de los ensayos.

c. Por efecto de la interacción niveles de curtiente mineral por los ensayos

Los valores medios reportados por la temperatura de contracción de las pieles de ternero no presentaron diferencias estadísticas ($P > 0.05$) entre medias, por efecto de la interacción entre los diferentes niveles de licores de curtiente mineral y los ensayos, sin embargo de carácter numérico se registra la temperatura más alta al curtir las pieles con 16% de licor de cromo en el primer ensayo (T3E1), con respuestas de 96,75°C; seguida de las medias alcanzadas al curtir las pieles de ternero con 14% y 16% de licores de cromo en el primero y segundo ensayo (T2E1 y T3E2), respectivamente, con temperaturas promedio de 96,50°C, para los dos casos en estudio, continuando el análisis se ubicaron las respuestas al curtir las pieles de ternera con el 14% de licores de cromo en el primer ensayo (T2E2), con valores de 95,75°C, a continuación se registró los resultados alcanzadas en lote de producción de las pieles curtidas con 12% de licores de cromo en el segundo ensayo (T1E2), con respuestas de 83,0°C, mientras tanto que las temperaturas más bajas fueron registradas al curtir las pieles de ternera con el 12% de licores de cromo en el segundo ensayo (T1E2), con registros de 80,00°C, como se reporta en el cuadro 9, y se ilustra en el gráfico 15.

De los resultados antes mencionados se deriva la premisa de que la mayor temperatura de contracción se obtiene usando mayores niveles de licores de curtiente mineral cromo (16%), en el primer ensayo, la supremacía encontrada únicamente puede deberse al sorteo aleatorio de los tratamientos y ensayos, y que por efecto del azar le correspondieron las pieles en las que el licor de cromo entro profundamente en el entretejido fibrilar para formar un complejo homogéneo capaz de soportar temperaturas muy elevadas sin sufrir alteraciones que no puedan ser reversibles al retirar el poder calorífico, es decir que la contracción normal que se presenta en el cuero no marca arrugas ni quiebres que no desaparecen si no todo lo contrario recupera su plenitud el momento que adquiere la temperatura ambiental normal y esto asemeja el efecto del sol o del calor superficial al que puede someterse el cuero en el uso práctico, es decir que las resistencias físicas de la piel curtida se encuentran dentro de los valores habituales, y en todo caso por encima de los mínimos recomendados.

Cuadro 9. EVALUACIÓN DE LAS RESISTENCIAS FÍSICAS DE LAS PIELES DE TERNERO POR EFECTO DE LA INTERACCIÓN ENTRE LOS DIFERENTES NIVELES DE LICOR DE CURTIENTE MINERAL Y LOS ENSAYOS.

VARIABLES	EFECTO DE LA INTERACCIÓN NIVELES DE CURTIENTE MINERAL POR LOS ENSAYOS						EE	Prob.	Sign.
	12%E1	12%E2	14%E1	14%E2	16%E1	16%E2			
	T1E1	T1E2	T2E1	T2E2	T3E1	T3E2			
Resistencia a la Tensión, N/cm ² .	1601,58 c	1029,88 b	1795,83 a	1205,55 c	1479,15 c	1771,50 c	114,14	0,0013	**
Porcentaje de elongación, %.	25,50 a	27,75 a	26,25 a	23,75 a	17,50 a	20,00 a	2,94	0,6399	ns
Temperatura contracción, °C.	83,00 b	80,00 b	95,75 a	96,50 a	96,75 a	96,50 a	1,04	0,2018	ns

EE: Error estadístico.

Prob: probabilidad.

Sign: Significancia.

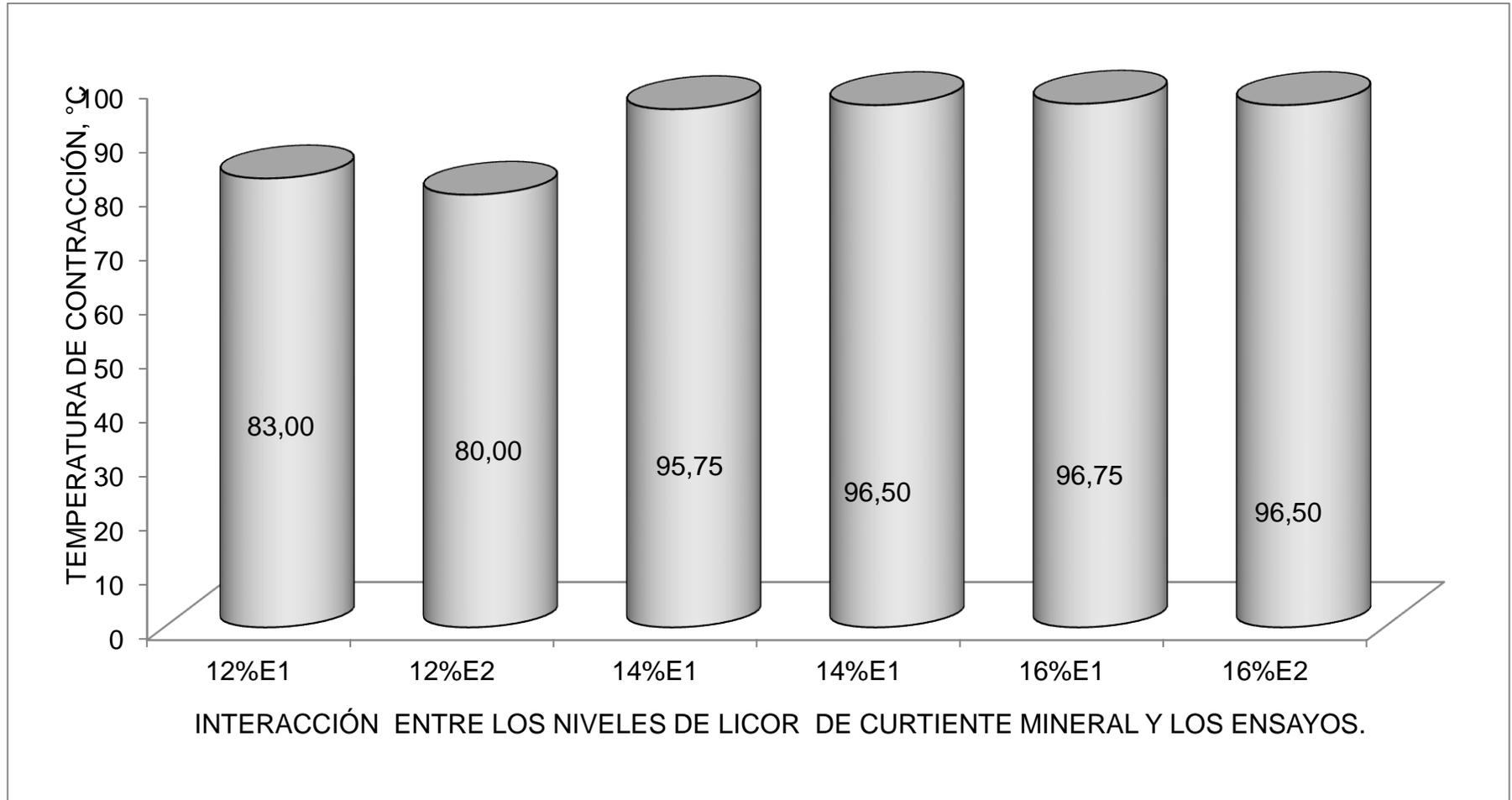


Gráfico 15. Comportamiento de la temperatura de contracción de las pieles de ternero por efecto de la interacción entre los diferentes niveles de licor de curtiente mineral y los ensayos.

B. EVALUACIÓN DE LAS CALIFICACIONES SENSORIALES DE LAS PIELS DE TERNERO CURTIDAS CON DIFERENTES NIVELES DE LICOR DE CURTIENTE MINERAL

1. Blandura

a. Por efecto del nivel de licor de curtiente mineral

Al realizar la evaluación estadística de la blandura de las pieles de ternera se registraron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$), entre medias según el criterio Kruskal Wallis, por efecto de la curtición con diferentes niveles de licores de cromo; por lo tanto al realizar la separación de medias por Tukey, se reportó la respuesta más alta al curtir con 16% de licores de cromo (T3), con valores de 4,63 puntos y calificación excelente de acuerdo a la escala propuesta por Hidalgo, L. (2015), y que descendieron a 3,63 puntos que se consiguieron al curtir las pieles con 14% de licores de cromo (T2), presentando una calificación de muy buena según la mencionada escala, mientras tanto que las respuestas más bajas se reportaron al curtir las pieles de ternero con 12% de licores de cromo (T1), con reportes de 2,75 puntos y calificación buena; como se reporta en el cuadro 10, y se ilustra en el gráfico 16, es decir que para conseguir mejores respuestas a la prueba sensorial de blandura se debe curtir con mayores niveles de cromo.

Lo que puede ser corroborado con las apreciaciones de Ludwigshafe, P. (2009), quien manifiesta que las aguas residuales obtenidas en las distintas etapas del proceso de curtición contienen diferentes concentraciones de cromo (III), así como la presencia de otras sustancias. El procedimiento a seguir para la depuración de dichos efluentes o para la recuperación del cromo depende en gran manera de dicha concentración y de la presencia o no de dichas sustancias. la piel curtida al cromo seca posee en su interior un gran número de espacios vacíos en forma de canales microscópicos localizados entre las fibras curtidas. Estos poros que presenta la piel permiten que los cuerpos gaseosos tales como el aire y el vapor de agua puedan pasar a través de ellos, con relativa facilidad. Un sistema para obtener buena penetración y fijación consiste en añadir el licor

Cuadro 10. EVALUACIÓN DE LAS CALIFICACIONES SENSORIALES DE LAS PIELES DE TERNERO CURTIDAS CON DIFERENTES NIVELES DE LICOR DE CURTIENTE MINERAL.

VARIABLES	NIVELES DE LICOR DE CURTIENTE MINERAL						EE	Prob.	Sign.
	T1		T2		T3				
	12%		14%		16%				
Blandura, puntos.	2,75	b	3,63	c	4,63	a	0,22	0,0001	**
Tacto, puntos.	2,75	b	3,50	b	4,38	a	0,22	0,0003	**
Tamaño grano, puntos.	2,50	b	3,63	c	4,75	a	0,19	0,0001	**

EE: Error estadístico.

Prob: probabilidad.

Sign: Significancia.

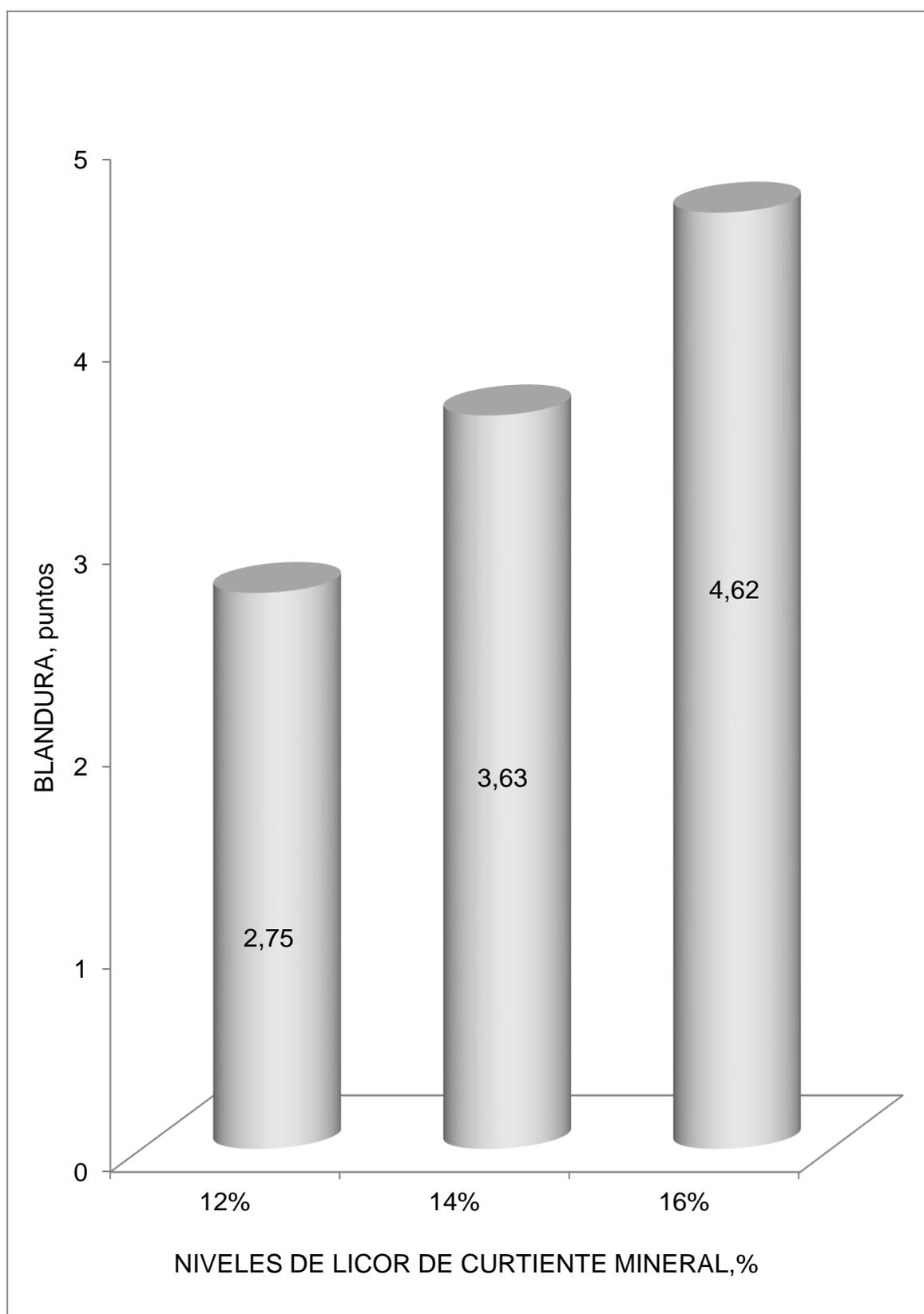


Gráfico 16. Comportamiento de la blandura de las pieles de ternero curtidas con diferentes niveles de licor de curtiembre mineral.

de cromo en varias tomas con basicidades crecientes, dejar rodar el tiempo necesario y basificar con álcali para obtener el pH final deseado.

Además Hidalgo, L. (2014), reporta que la piel naturalmente es muy dura ya que necesita proveerle al animal en este caso a los terneros protección contra los factores externos como son la variación climática ya que ayuda a mantener regulada la temperatura corporal y sin este hecho el animal podría tener grandes repercusiones inclusive morir; sin embargo al realizar la curtición con licores de cromo se consigue dotar de blandura al cuero destinado a la confección de vestimenta para que pueda moldearse con facilidad es por ello que se busca que el agente curtiente proporcione estas características al cuero; es por eso que el cromo al formar estructuras de complejos con la fibra del colágeno de la piel logra una estructura completamente distinta; consigue traspasar la endodermis y la epidermis y transforma la piel en cuero; y le concede características muy diferentes como blandura ya que su enlace es muy flexible con lo que al examinar el experto va a sentir un cuero muy blando. Al añadir tomas de licor basificado se producen variaciones de pH más suaves y se obtienen pieles con la flor más fina.

Mediante el análisis de regresión que se ilustra en el gráfico 17, se registra una tendencia lineal positiva altamente significativa, donde se aprecia que partiendo de un intercepto de 2,75 puntos de blandura asciende en 0,469 puntos por cada unidad de cambio en el nivel de licores de cromo aplicado a la curtición de las pieles de ternero, con un coeficiente de determinación R^2 de 65,92% mientras tanto que el 34,08% restante depende de otros factores no considerados en la presente investigación como puede ser la pureza, cantidad, y calidad del cromo que fue recuperado de los baños de curtido y que al combinarse con el entretendido fibrilar del colágeno produce una reacción estable que influye directamente en la calidad subjetiva del cuero. La ecuación de regresión lineal aplicada fue:

$$\text{Blandura} = + 0,469 - 2,90 (\% \text{LCM}).$$

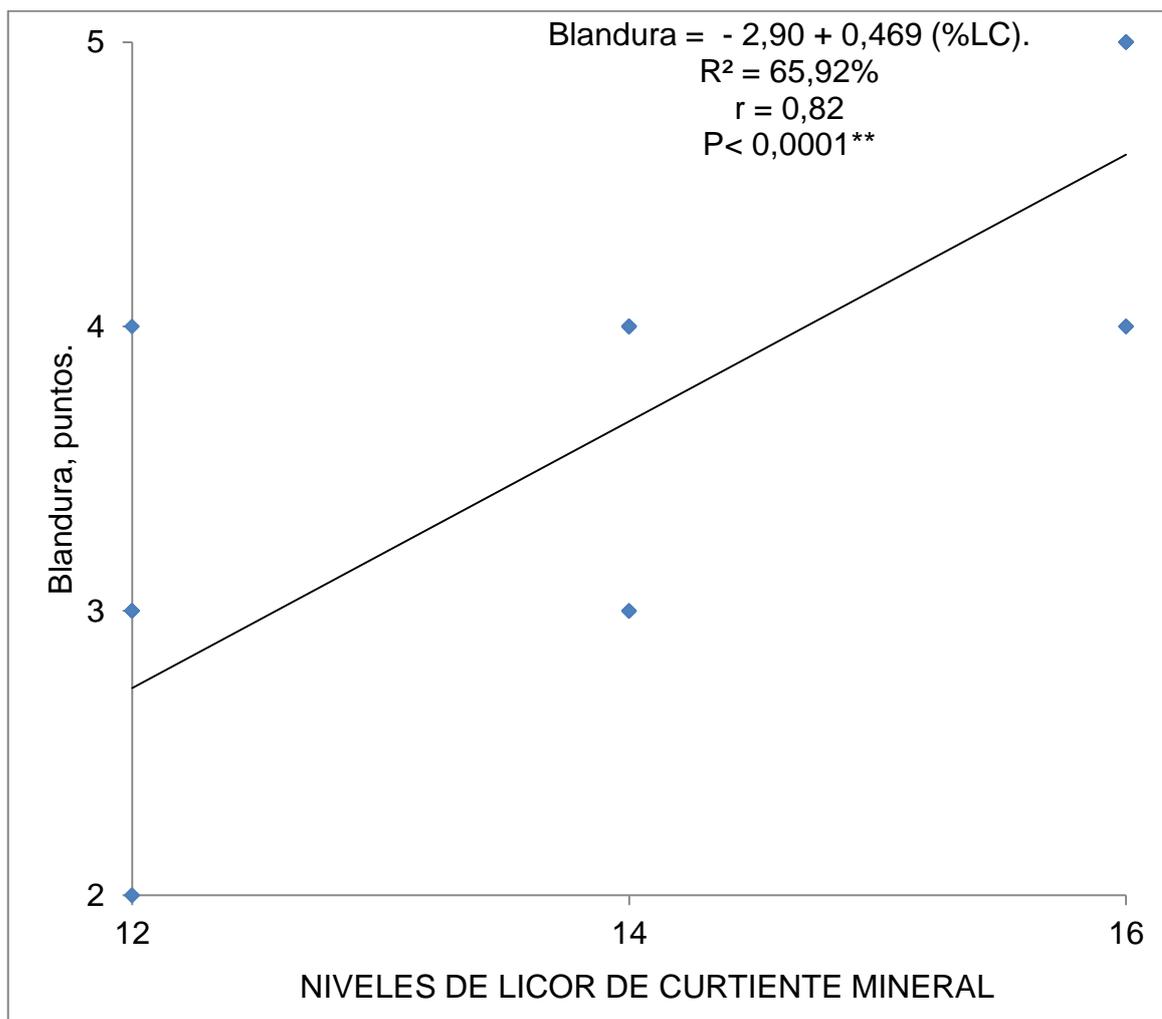


Gráfico 17. Regresión de la blandura de las pieles de ternero curtidas con diferentes niveles de licor curtiente mineral.

b. Por efecto de los ensayos

En la evaluación estadística de los resultados de blandura de las pieles de ternero curtidora con diferentes niveles de licores de cromo no se reportó diferencias estadísticas ($P > 0.05$) entre medias, por efecto de los ensayos, sin embargo de carácter numérico se aprecia las mejores respuestas al curtir las pieles de ternero con licores de cromo en el primer ensayo (E1), con respuestas de 3,75 puntos de referencia y que corresponden a una calificación de muy buena de acuerdo a la escala propuesta por Hidalgo, L. (2014); como se ilustra en el gráfico 18, y que descendieron a 3,58 puntos en el segundo ensayo y reportando

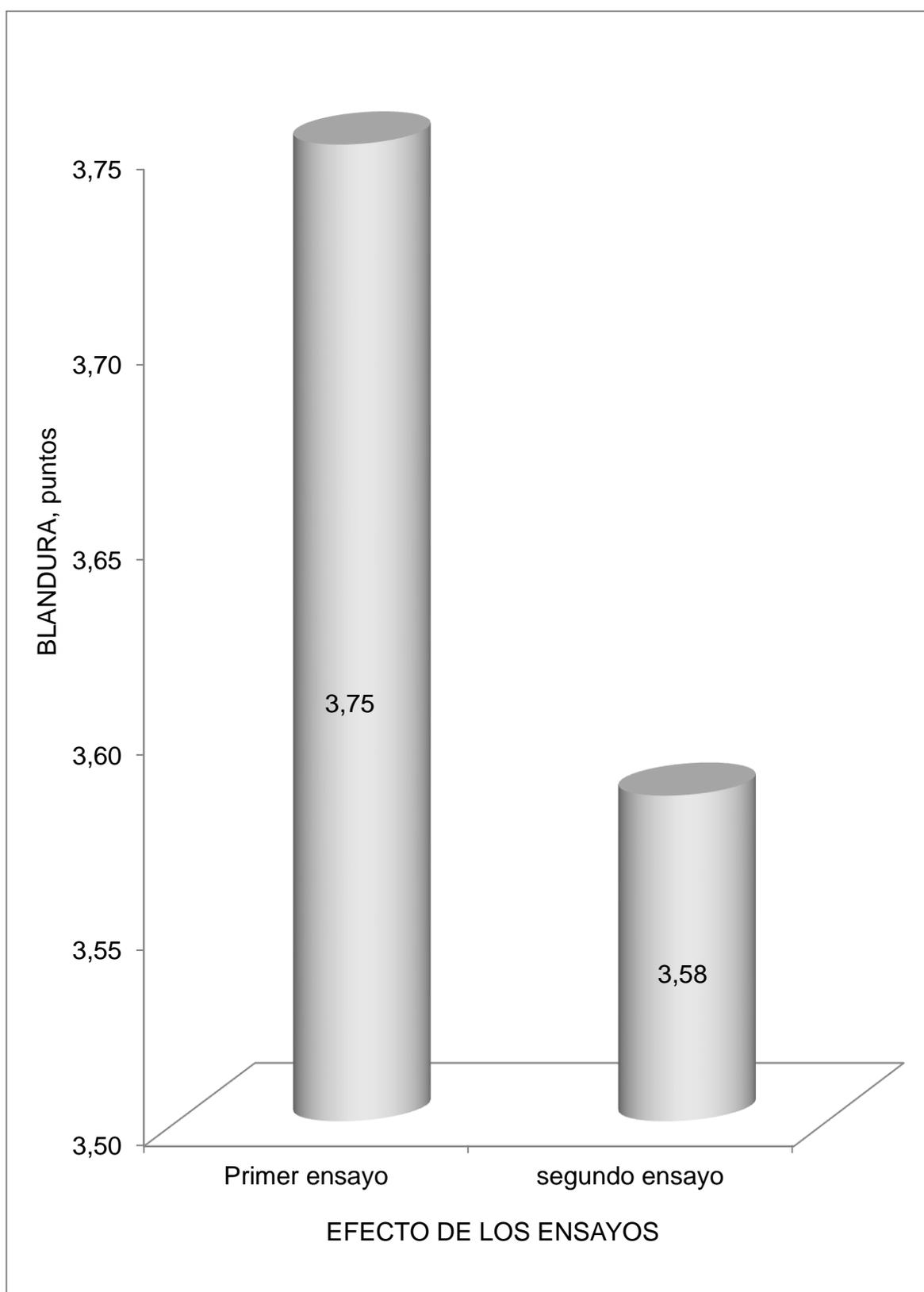


Gráfico 18. Comportamiento de la blandura de las pieles de ternero curtidas con diferentes niveles de licor de curtiente mineral, por efecto de los ensayos.

una calificación de buena según la mencionada escala; por lo tanto se afirma que las condiciones experimentales pudieron ser replicadas entre lotes de producción y que cualquier interferencia que se pudo haber presentado tanto en los bombos y demás procesos que se sigue para curtir pudieron ser controlados con gran éxito controlando.

Al respecto Hidalgo, L. (2004), manifiesta que el cromo proveniente de la etapa de curtido representa aproximadamente el 24% de la contaminación de esta industria. El cromo trivalente, tal como se lo encuentra en la naturaleza, en principio no es peligroso para el hombre, pero si es sometido a altas temperaturas se convierte en cromo hexavalente, una sustancia que ingresa en el cuerpo a través de las vías respiratorias, el agua o los alimentos y puede provocar gastroenteritis aguda, hepatitis aguda, dermatitis alérgica, laringitis crónica, úlcera gastroduodenal, conjuntivitis crónica, rinofaringitis crónica, perforación del tabique nasal y cáncer pulmonar. Los diversos compuestos del cromo hexavalente representan la mayor amenaza, especialmente debido a sus efectos genéticos, inclusive se ha demostrado que puede atravesar la placenta humana significándole un alto riesgo para los embriones y fetos que en ella se albergan, es por eso que su utilización en la época actual está bastante condenada por los organismos ambientalistas, así que se ha buscado aplicar tecnologías limpias como es el uso de licores de cromo resultantes de los baños del curtido, que resultan benéficos tanto para el cuero como para el medio ambiente, y sobre todo permiten establecer protocolos estables de producción que permiten la replicación de la calidad sensorial del cuero en lo que tiene que ver específicamente con la blandura del cuero destinado a la confección de vestimenta.

c. Por efecto de la interacción niveles de curtiente mineral por los ensayos

En el análisis de los resultados de llenura de las pieles de ternero, que se ilustran en el gráfico 19, no se presentaron diferencias estadísticas ($P > 0.05$) entre medias, por efecto de la interacción entre los diferentes niveles de licores de cromo y los ensayos sin embargo de carácter numérico se registraron las

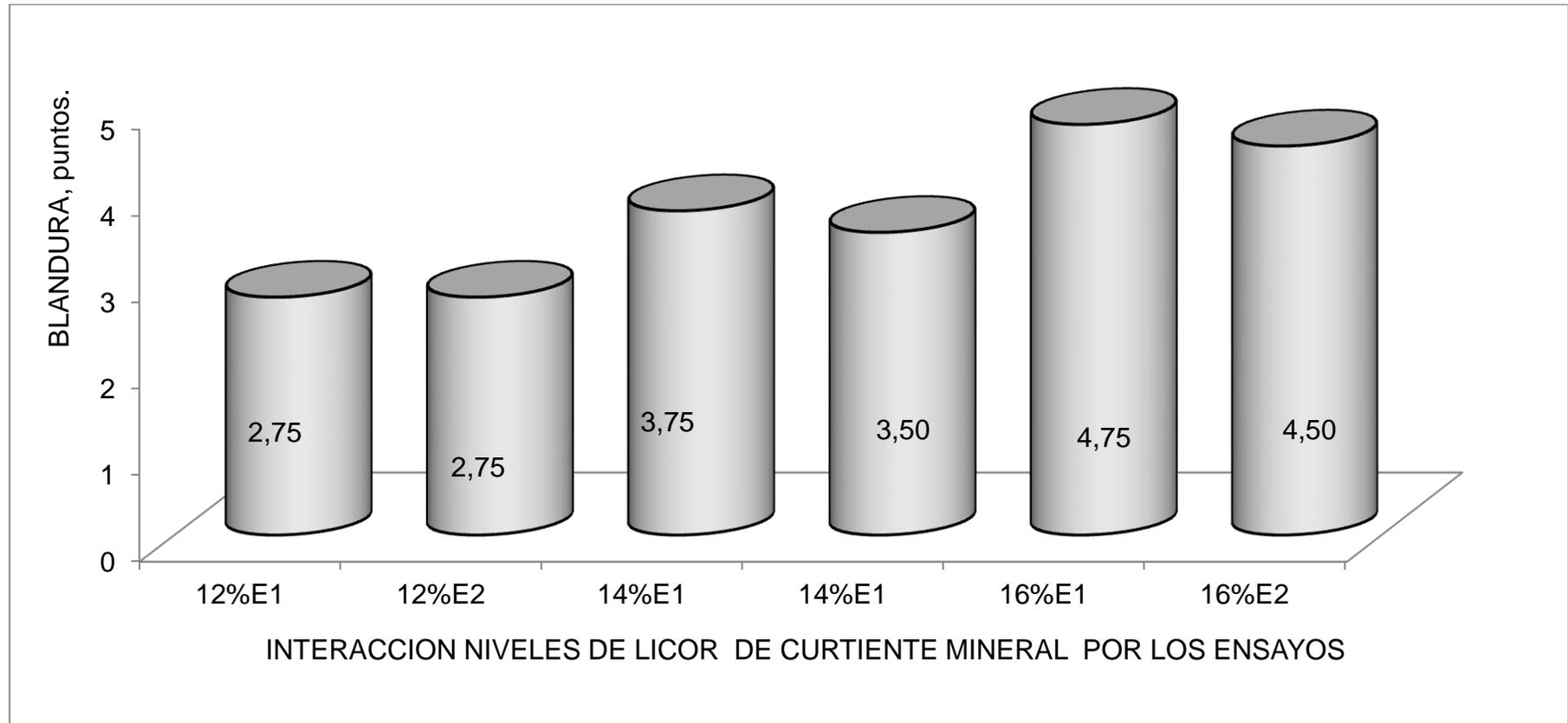


Gráfico 19. Comportamiento de la blandura de las pieles de ternero por efecto de la interacción entre los diferentes niveles de licor de curtiente mineral y los ensayos.

respuestas más altas al curtir las pieles con 16% de licores de cromo en el primer ensayo (T3E1), con respuestas de 4,75 puntos y calificación excelente de acuerdo a la escala propuesta por Hidalgo, L. (2015), a continuación en el análisis numérico se ubicaron las medias al curtir las pieles con 16% de licores de cromo en el segundo ensayo (T3E2), con calificaciones de 4,50 puntos y conservando la calificación excelente según la mencionada escala, posteriormente se ubicaron los resultados de blandura al curtir las pieles con 14% de licores de cromo en el primero y segundo ensayo (T2E1 y T2E2), con valores numéricos iguales a 3,75 para los dos casos en estudio; y calificación sensorial de muy buena, las mismas que descendieron a 3,50 puntos que se reportaron al curtir las pieles con 14% de licores de cromo en el segundo ensayo (T2E1), mientras tanto que los resultados más bajos fueron reportados en el lote de cueros del tratamiento T1 (7%), tanto en el primero como en segundo ensayo con valores de 2,75 puntos y calificación buena; de acuerdo al análisis de los datos se puede observar que mejores respuestas de blandura se obtienen al curtir con mayores niveles de licores de curtiente mineral es decir 16%.

Según <http://www.icp.csic.es/cyted/Monografias.com>.(2015), el curtido consiste en la estabilización de la estructura de colágeno que compone las pieles, usando productos químicos naturales o sintéticos. Adicionalmente, la curtición imparte un particular "tacto" al cuero resultante. Una variedad de productos químicos son usados, siendo el cromo el más importante. En la creciente industria del cuero se requiere producir cueros con mejores prestaciones subjetivas para que estos puedan sobresalir en el mercado y se pueda competir contra otras industrias y la única forma de ello es desarrollar nuevas tecnologías que ayuden a cuidar en ambiente y a su vez proporcionen la mejor sensación del cuero al roce con la superficie de la mano que comprende una escala de caído a sumamente caído o blando propios de cueros destinados a la confección de vestimenta. Las curtiembres vacunas utilizan más de una fórmula de curtido, debido, entre otras cosas a que procesan materias primas de distinto tipo.

En esas condiciones resulta muy complicado implementar un sistema de recirculación del baño de curtido con la finalidad de realizar el agotamiento total

del producto y no se contaminen las personas, el agua, suelo o animales que viven circundantes a la curtiembre.

2. Tacto

a. Por efecto del nivel de licor de curtiembre mineral

En la evaluación estadística de la calificación de tacto de las pieles de ternero se reportó diferencias altamente significativas ($P < 0,01$), entre medias según el criterio Kruskal Wallis, por efecto de la curtición con diferentes niveles de licores de curtiembre mineral, registrándose por lo tanto la mejor respuesta al curtir las pieles con 16% de licores de cromo (T1); con 4,38 puntos y condición muy buena según la escala propuesta por Hidalgo, L. (2015), y que descendieron a 3,50 puntos al curtir las pieles con el 12% de licores de cromo (T2), y condición buena según la mencionada escala, en tanto que las respuestas más bajas se registraron al curtir las pieles con 12% de licores de cromo (T2), con valores de 2,75 puntos, y condición buena, como se ilustra en el gráfico 20, en conclusión de las respuestas obtenidas del tacto se afirma que para obtener pieles con un tacto más esponjoso, sedoso y natural más aceptable para el experto que las evalúa se recomienda usar mayores niveles de licores de curtiembre mineral (16%).

Esto se puede explicar con lo que indica Ullman, T. (2006), quien manifiesta que utilizando las mismas cantidades de productos sobre un cuero curtido con sales de cromo enmascaradas se obtienen matices de tintura más pálidos y más igualados, y cueros acabados más suaves debido a la mejor distribución del cromo y a la mejor penetración de las grasas. El cromo no sólo se combina con el colágeno por las valencias iónicas positivas sino que tiene seis posibles enlaces covalentes por cada átomo de cromo. Los enmascarantes se unen al cromo principalmente por estos enlaces, bloqueando totalmente o en parte, según la cantidad y tipo de enmascarante, la posibilidad de unión del cromo con la fibrilla de colágeno.

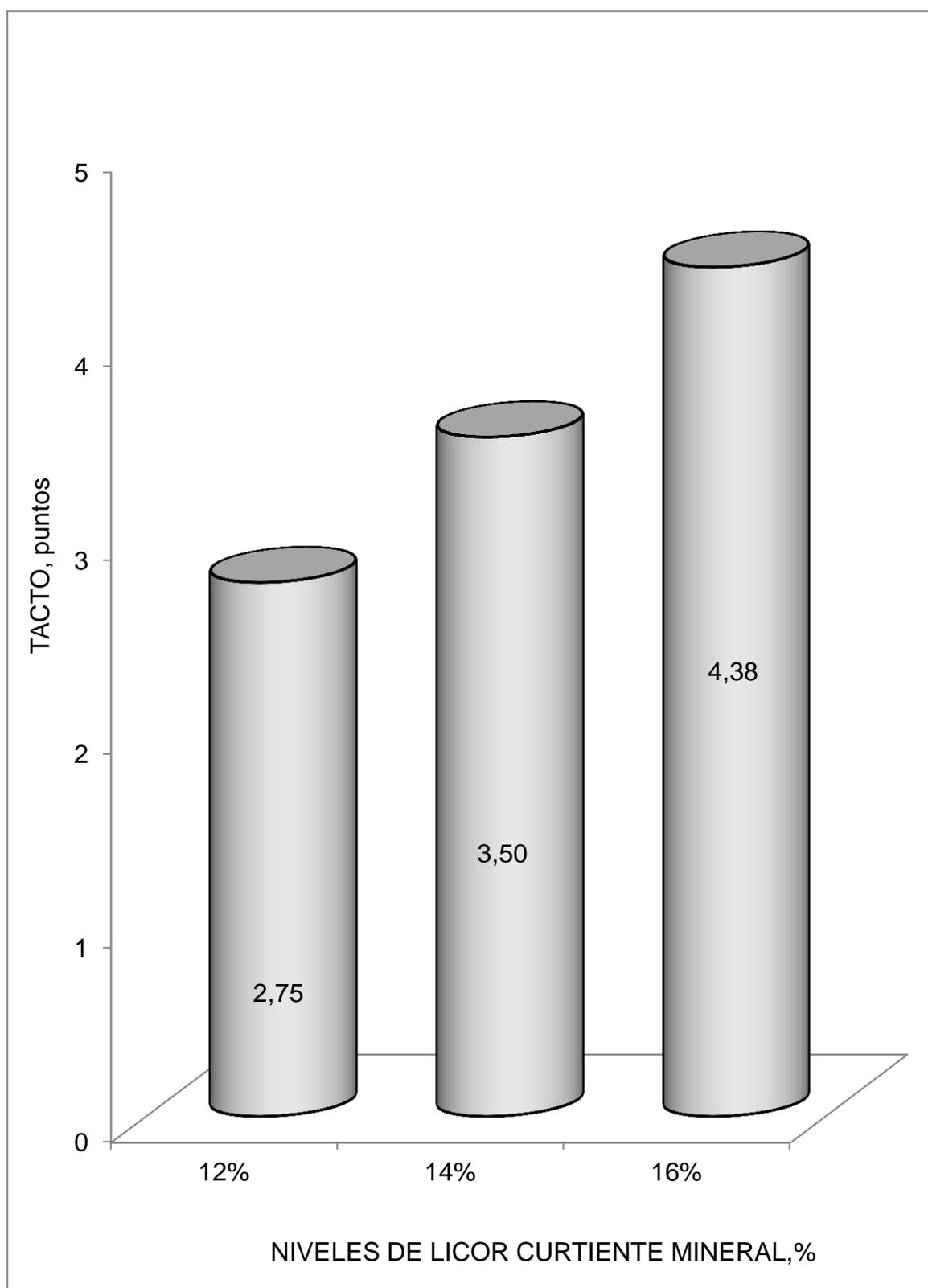


Gráfico 20. Evaluación del tacto de pieles de ternero por efecto del uso diferentes niveles de licor de curtiente mineral.

Las sales de cromo enmascaradas reaccionan menos con la piel que sin enmascarar, es por esto que producen un tacto agradable. Por otro lado, en general, una molécula de enmascarante se une a dos o más átomos de cromo produciéndose agregados grandes de átomos de cromo y enmascarante, por lo tanto se obtiene más producto curtiente que sin enmascarar. El tacto de la piel puede ser mayor debido a que el enmascarante produce grandes agregados de átomos de cromo, pero al contrario también puede ser menor ya que la afinidad disminuye y reacciona poca cantidad de cromo. De esta forma se pueden compensar los dos efectos. En general no se debe abusar del enmascarante, se usa sólo como máximo un tercio del necesario para bloquear las seis covalencias del átomo de cromo. Siempre que se genera una curtición con cromo se debe en lo posible usar enmascarantes que pueden ser sustancias químicas entre grupos hidroxilos o grupos fenoles que regulan el pH ya que estos aceptan pares de electrones libres que tiene el cromo en su estructura y que son los principales factores que actúan en la curtición del colágeno; ya que al generar el cromo seis enlaces coordinados aumenta la astringencia del cuero por lo que este factor puede generar pieles demasiado hinchadas lo cual no podrá ser corregido en posteriores procesos de curtición.

Al realizar el análisis de regresión que se ilustra en el gráfico 21, se aprecia que los datos se ajustan a una tendencia lineal positiva altamente significativa, donde se aprecia que partiendo de un intercepto de 2,15 puntos, la calificación de tacto asciende en 0,41 puntos por cada unidad de cambio en el nivel de licores de curtiente mineral cromo aplicado a la curtición de las pieles de ternero, con un coeficiente de determinación R^2 de 52,92% mientras tanto que el 47,08% restante depende de otros factores no considerados en la presente investigación y que tiene que ver básicamente con la cantidad de engrasante que el curtiente con licor de cromo permite que ingrese a la piel para proporcionar un tacto muy cálido, seco, liso y suave muy similar al de la piel suave ablandada. En este caso se trata de buscar productos que no modifiquen mucho el tacto de la propia piel. La ecuación de regresión lineal aplicada fue:

$$\text{Tacto} = - 2,15 + 0,41 (\% \text{LCM}).$$

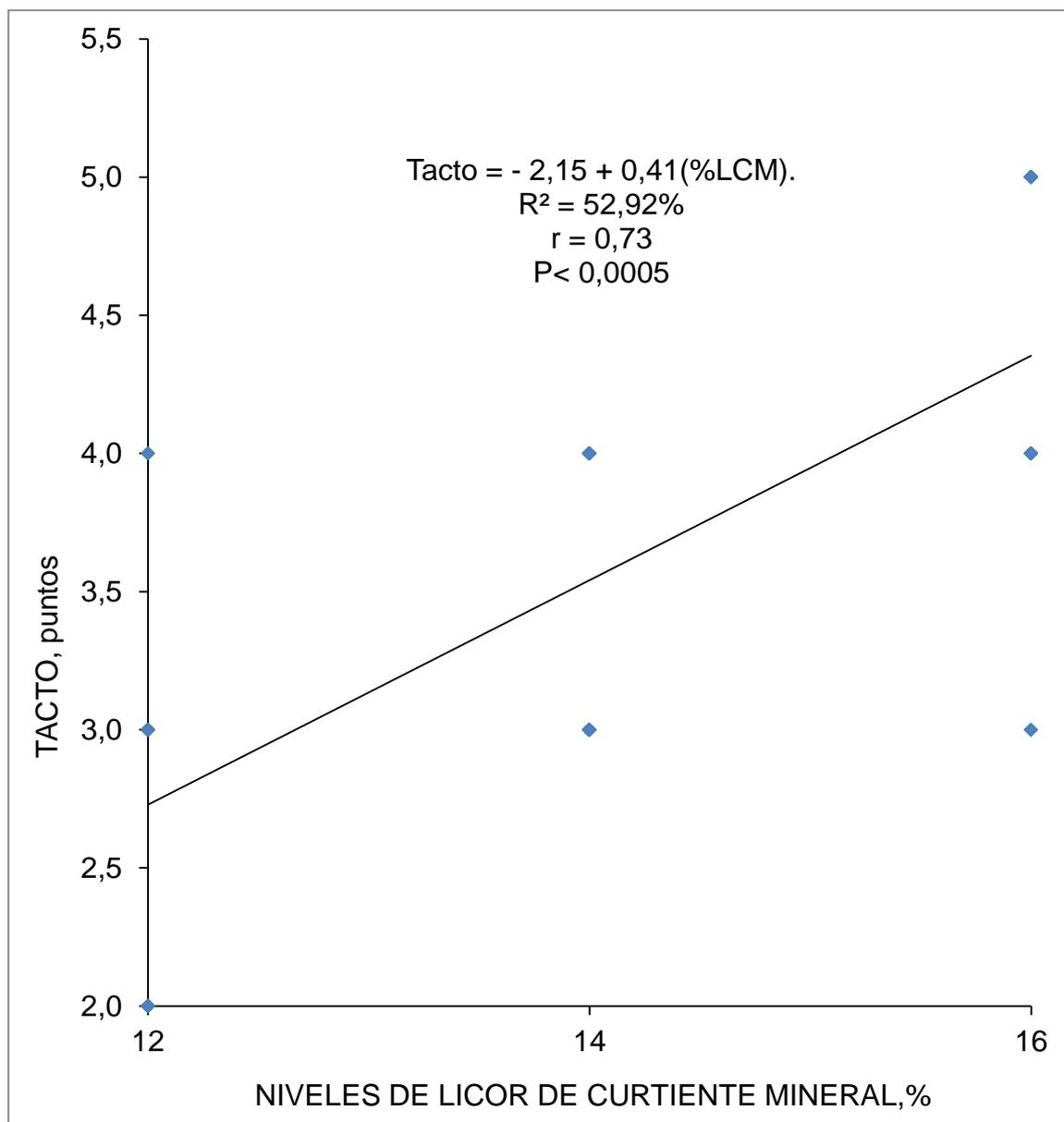


Gráfico 21. Regresión del tacto de las pieles de ternero curtidas con diferentes niveles de licor curtiente mineral.

b. Por efecto de los ensayos

Al realizar la evaluación estadística de la calificación de tacto de las pieles de ternero curtidas con diferentes niveles de licores de curtiente mineral no se registró diferencias estadísticas ($P > 0,05$), entre medias, por efecto de los ensayos consecutivos, sin embargo de carácter numérico la mejor respuesta fue registrada en las pieles del segundo ensayo con reportes de 3,75 puntos, (E2), y

calificación muy buena según la escala propuesta por Hidalgo, L. (2015), y que descendieron en las pieles del primer ensayo (E1) a 3,33 puntos y ponderación buena, como se indica en el cuadro 11, y se ilustra en el gráfico 22, al no existir mayor intervalo de error entre la calidad del tacto entre los lotes de producción se afirma que la práctica pudo ser estandarizada y replicada en su totalidad y se controló cualquier factor que pudiera afectar la calidad sensorial del cuero destinado a la confección de vestimenta, en la que el tacto es imprescindible para determinar su aceptación al usuario.

Al no reportarse diferencias estadísticas entre lotes de producción de pieles de ternero curtidas con diferentes niveles de licor de curtiente mineral, al repicarse los tratamientos, se puede afirmar que como se realizó la investigación en un ambiente controlado y procurando tener mucho cuidado en el control de los productos químicos, temperaturas, pH y sobre todo tiempo y velocidad del rodado, que conforman el protocolo de la investigación, se afirma que se logró normalizar la calidad especialmente en lo que tiene que ver con el tacto del cuero permitiendo que el material esté disponible en diferentes espacios y tiempos de tal manera que se pueda satisfacer con la demanda del consumidor, que se proyectan hacia la búsqueda de la calidad sensorial del cuero considerando que la identidad de cada material está dada por su capacidad de comunicar de hacer sentir, de permitir experimentar experiencias sensibles, se debe procurar que el tacto superficial que se logra sea permanente, es decir que tenga la misma intensidad recién aplicado que al cabo de un cierto tiempo. La curtición con licores de cromo mantiene las propiedades más deseadas de la piel es decir resistencia al desgaste, a la humedad, flexibilidad y aspecto exterior agradable al tacto y a la vista. La piel tratada por curtición rara vez produce intolerancias de tipo alérgico, de ocurrir estas alergias suele ser a causa de los tintes que se usan en las pieles ya curtidas, y que son de especial interés ya que se confeccionara vestimenta.

c. Por efecto de la interacción niveles de curtiente mineral por los ensayos

Los valores medios reportados de la calificación de tacto de las pieles de ternero no registraron diferencias estadísticas ($P > 0.05$), entre medias por efecto de la

Cuadro 11. EVALUACIÓN DE LAS CALIFICACIONES SENSORIALES DE LAS PIELS DE TERNERO CURTIDAS CON DIFERENTES NIVELES DE LICOR DE CURTIENTE MINERAL POR EFECTO DE LOS ENSAYOS.

VARIABLES	POR EFECTO DE LOS ENSAYOS		EE	Prob.	Sign.
	Primer ensayo	Segundo ensayo			
	E1	E2			
Blandura, puntos.	3,75 a	3,58 a	0,18	0,52	ns
Tacto, puntos.	3,33 a	3,75 a	0,18	0,13	ns
Tamaño del grano, puntos.	3,58 a	3,67 a	0,16	0,71	ns

EE: Error estadístico.

Prob: probabilidad.

Sign: Significancia.

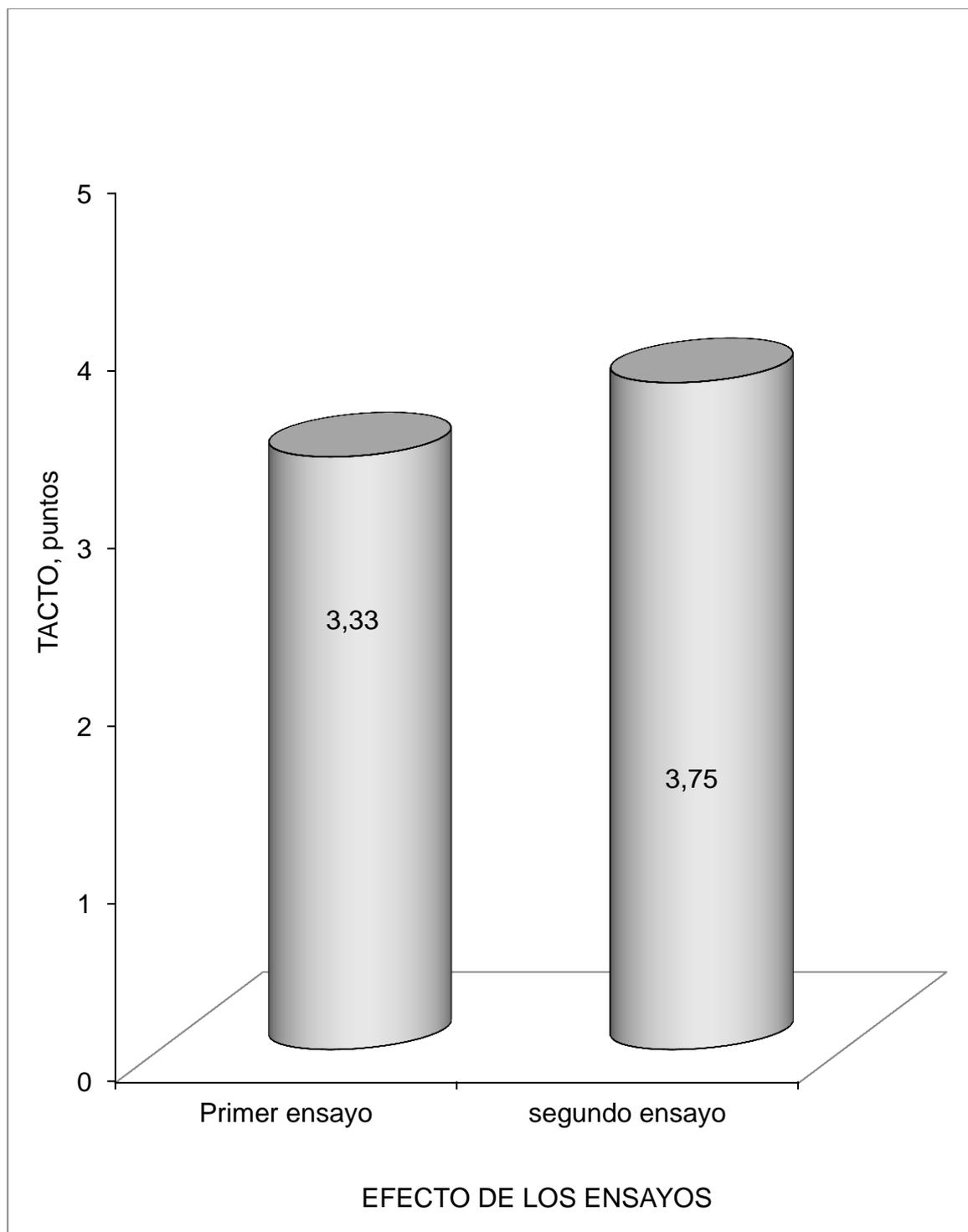


Gráfico 22. Comportamiento del tacto de las pieles de ternero curtidas con diferentes niveles de licor de curtiembre mineral, por efecto de los ensayos.

interacción entre los diferentes niveles de licor curtiente mineral y los ensayos, sin embargo de carácter numérico se ubican las respuestas más altas al curtir las pieles con 16% de licores de cromo en el primer ensayo (T3E1), que reportaron valores de 4,75 puntos y calificación excelente de acuerdo a la escala propuesta por Hidalgo, L. (2015), a continuación se ubicaron las medias del tratamiento en mención pero en el segundo ensayo (T3E2), con calificaciones de 4,50 puntos y condición excelente, posteriormente se ubicaron los registros de las pieles curtidas con 14% de licores de cromo en el primer ensayo (T2E1), que reportaron valores numéricos de a 3,75 puntos y calificación muy buena según la mencionada escala; las mismas que descendieron a 3,50 puntos al curtir las pieles del tratamiento antes indicado en el segundo ensayo (T2E2), a continuación se registra un tacto con calificación de 2,75 puntos y calificación buena al curtir las pieles de ternero con 12% de licores de cromo en el primero y segundo ensayo (T1E1 y T1E2), y que son las respuestas más bajas de la investigación, como se ilustra en el gráfico 23.

De acuerdo a los reportes expuesto se aprecia que al curtir con el 16% de licor de cromo se registró la calificación más elevada de tacto de las pieles de ternera, y como se ha visto en características anteriores las pieles del primer ensayo demuestran una superioridad numérica para cada una de ellas, debiendo tomar como referencia que el sorteo es aleatorio por lo tanto por efecto del azar le correspondió a este grupo de trabajo las pieles con mejores características iniciales es decir de naturaleza y conservación de tal manera que el agente curtiente pudo ingresar en el entretejido fibrilar acomodando las fibras de tal manera que se refleje en la condición de tacto es decir que al deslizar la mano sobre la superficie del cuero no se aprecie ni arrugas ni imperfecciones que puedan ser evidenciados y por ende disminuir la calidad sensorial del producto elaborado hasta el punto de producir molestias al usuario ya que los artículos de vestimenta se encuentra muchas veces en contacto directo con la piel y como se ha visto en líneas anteriores el uso de cromo puede producir irritaciones o ulceraciones muy fuertes, por esta razón es que se procura utilizarse en una forma derivada como es el licor de cromo.

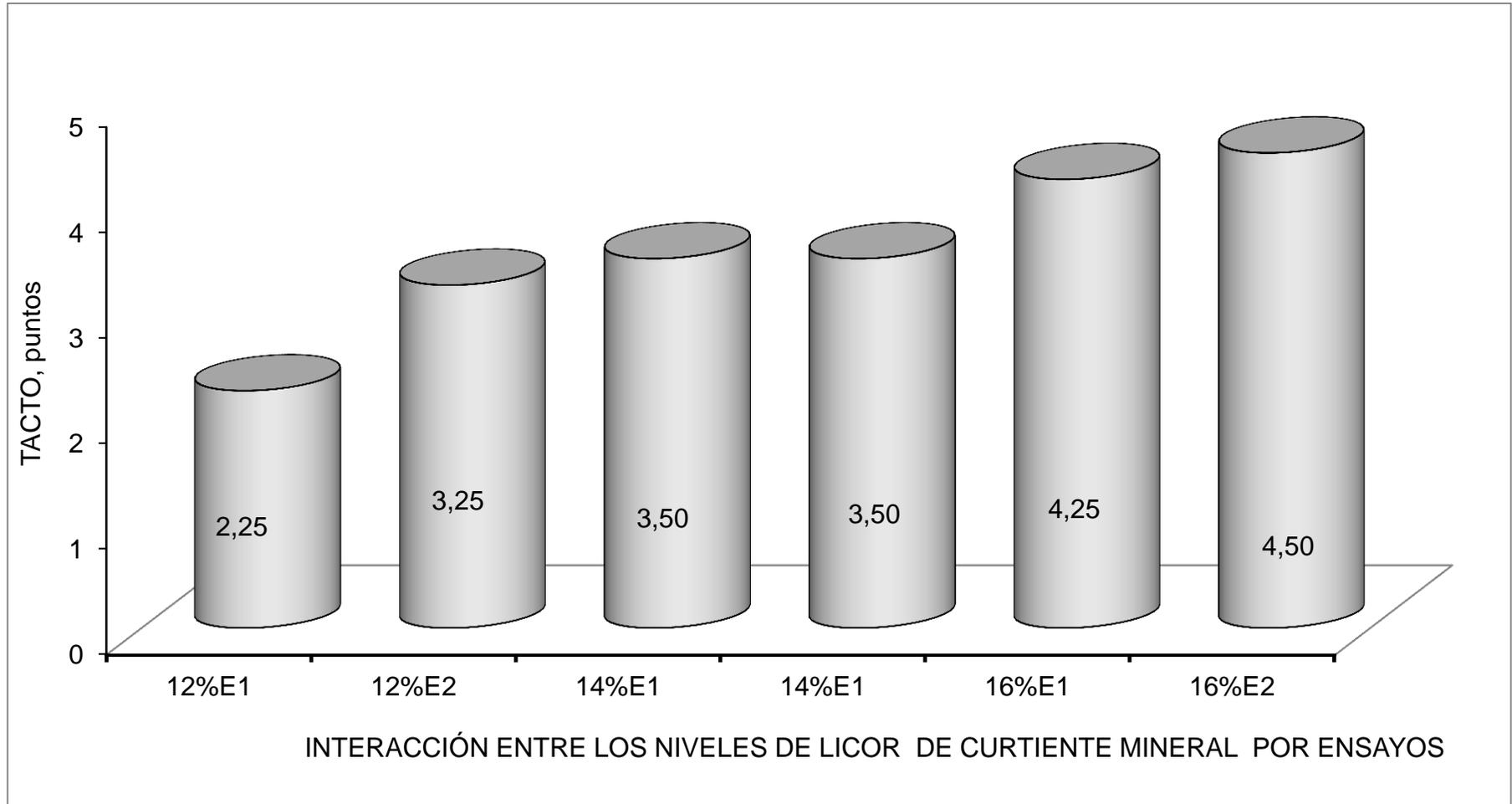


Gráfico 23. Comportamiento del tacto de las pieles de ternero por efecto de la interacción entre los diferentes niveles de licor de curtiente mineral y los ensayos.

3. Tamaño del grano

a. Por efecto del nivel de licor de curtiente mineral

La valoración estadística del tamaño del grano de las pieles de ternero reportó diferencias altamente significativas ($P < 0.01^{**}$), entre medias según el criterio Kruskal Wallis, por efecto de la curtición con diferentes niveles de licores de cromo, reportándose en la separación de medias la mejor respuesta al curtir las pieles con 12% de licores de cromo (T1), con calificaciones de 4,75 puntos y condición excelente de acuerdo a la escala propuesta por Hidalgo, L. (2015), y que descendieron a 3,63 puntos al curtir las pieles con 14%(T2), de licores de cromo y calificación muy buena según la mencionada escala, mientras tanto que la respuesta más baja se consiguió al curtir las pieles con 16% (T3), de licores de cromo con respuestas de 2,50 puntos y calificación buena, como se ilustra en el gráfico 24. De acuerdo a los registros antes expuestos se infiere que al curtir las pieles con niveles más bajos de licores de cromo se obtienen mejores respuestas de finura del grano del cuero destinado a la confección de vestimenta;

Lo que es corroborado según [http://www.greenpeace.org/report.\(2014\)](http://www.greenpeace.org/report.(2014)), donde se menciona que la teoría de la curtición con licores de cromo más aceptada involucra la formación de complejos de coordinación entre la proteína y el ión complejo metálico. Los grupos carboxilo, amino, hidroxilo son capaces de formar compuestos coordinados de diversos grados de estabilidad, mientras que los iones metálicos de grupos ya presentes en el complejo, el oxígeno de los grupos carbonilo y el nitrógeno de los grupos amino o peptídico pueden coordinarse directamente con el átomo central de cromo o con un grupo coordinada tiene lugar directamente con el átomo de cromo, un grupo ya presente en el complejo debe ser desplazado de aquí que un complejo muy estable puede no reaccionar en esta forma y carácter de acción curtiente. El tamaño del grano se refiere al Dibujo visible en la superficie de un cuero, (no se refiere a cueros que conservan el pelo o lana o a cueros gamuzados), para calificar esta variable es necesario observar minuciosamente si existe o no homogeneidad en la superficie del cuero es decir que no se presente espacios sin el dibujo del grano propio de la piel, con

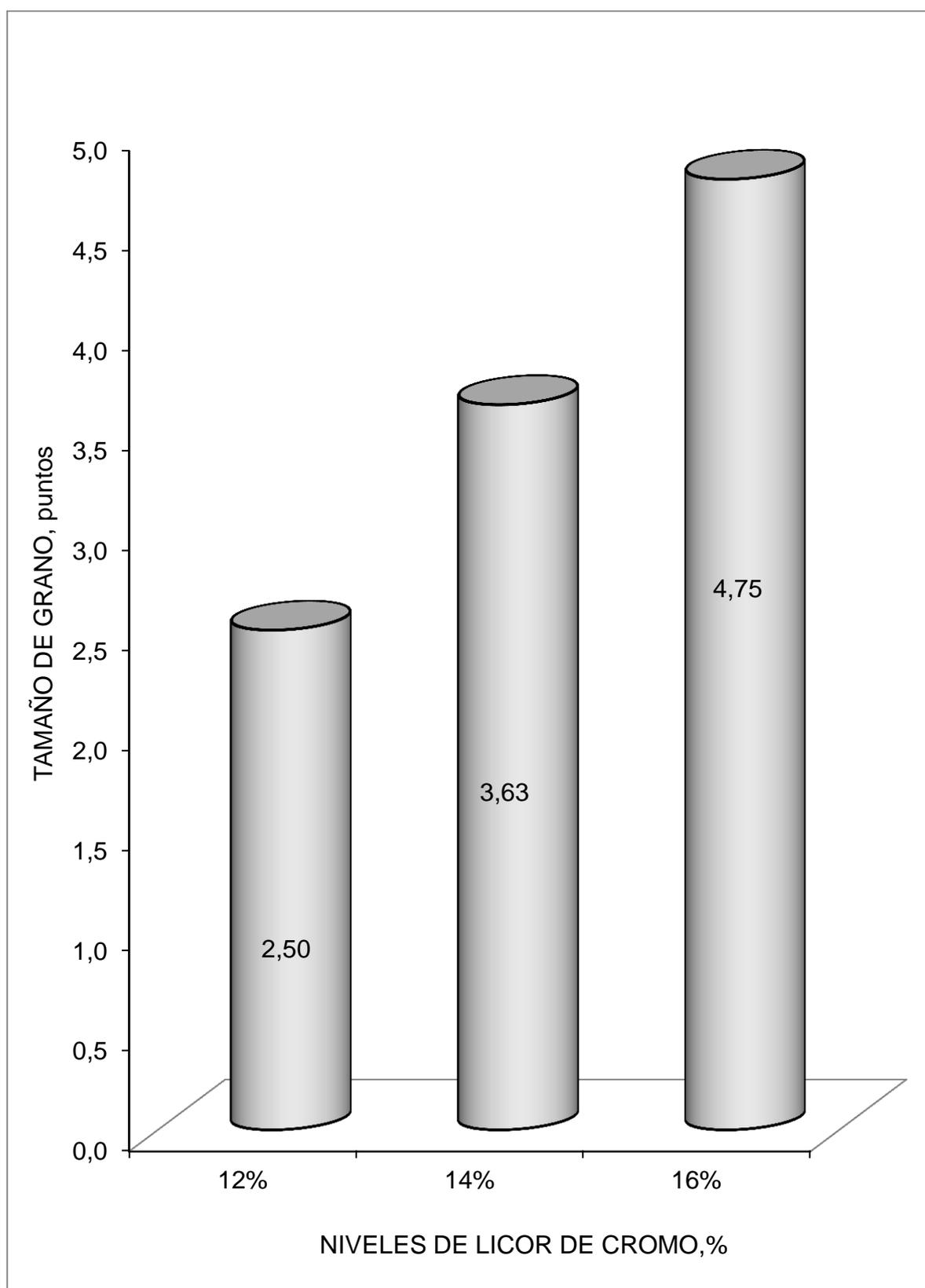


Gráfico 24. Comportamiento del tamaño del grano de las pieles de ternero curtidas con diferentes niveles de licor de curtiente mineral.

frecuencia es difícil determinar la identidad de diferentes materiales. La piel sintética, por ejemplo, puede verse muy parecida a la piel genuina, dificultando determinar su origen real. El cuero de ternero es un tipo de piel altamente valioso, es muy suave y flexible y se pule dando un gran brillo. Debido a su flexibilidad y brillo, es ideal para crear zapatos y guantes de gran calidad. Aprender a identificar el cuero de ternero real puede ser engañoso, pero siempre habrá maneras de ayudarte a identificar una pieza auténtica de esta piel.

El cuero de ternero auténtico es muy suave y plegable, una forma de distinguir es oprimir el objeto entre dos dedos. Suelta el material. Si se queda una arruga y lentamente desaparece, el artículo es casi seguro que sea de cuero de ternero. Si no se marca una arruga, entonces es sintético. El cuero de ternero auténtico tiene poros pequeños que casi no se ven y tiene un patrón irregular, mientras que los poros sobre un cuero sintético se ven fácilmente y mantienen un patrón regular, es decir el tamaño del grano ideal debería ser de diámetro muy pequeño para considerar un material de alta calidad, lo que es proporcionado por los curtientes al intervenir directamente en el enlace químico con el colágeno como se explico en líneas anteriores.

En el análisis de regresión se determino una tendencia lineal positiva altamente significativa como se ilustra en el gráfico 25, es decir que la dispersión de los datos se ajustan a una tendencia lineal positiva significativa, donde se aprecia que partiendo de un intercepto de 2,50 puntos de tamaño de grano y asciende en 0,5625 puntos por cada unidad de cambio en el nivel de licores de cromo aplicado a la curtición de las pieles de ternero, con un coeficiente de determinación R^2 de 79,02% mientras tanto que el 20,98% restante depende de otros factores no considerados en la presente investigación y que tiene que ver básicamente con la calidad de la materia prima que al ser piel d ternera es un material muy suave y delicado por lo tanto los agentes curtientes fácilmente pueden producir daño en su estructura. La ecuación de regresión lineal aplicada fue:

$$\text{Tamaño de Grano} = - 4,25 + 0,56 (\% \text{LCM}).$$

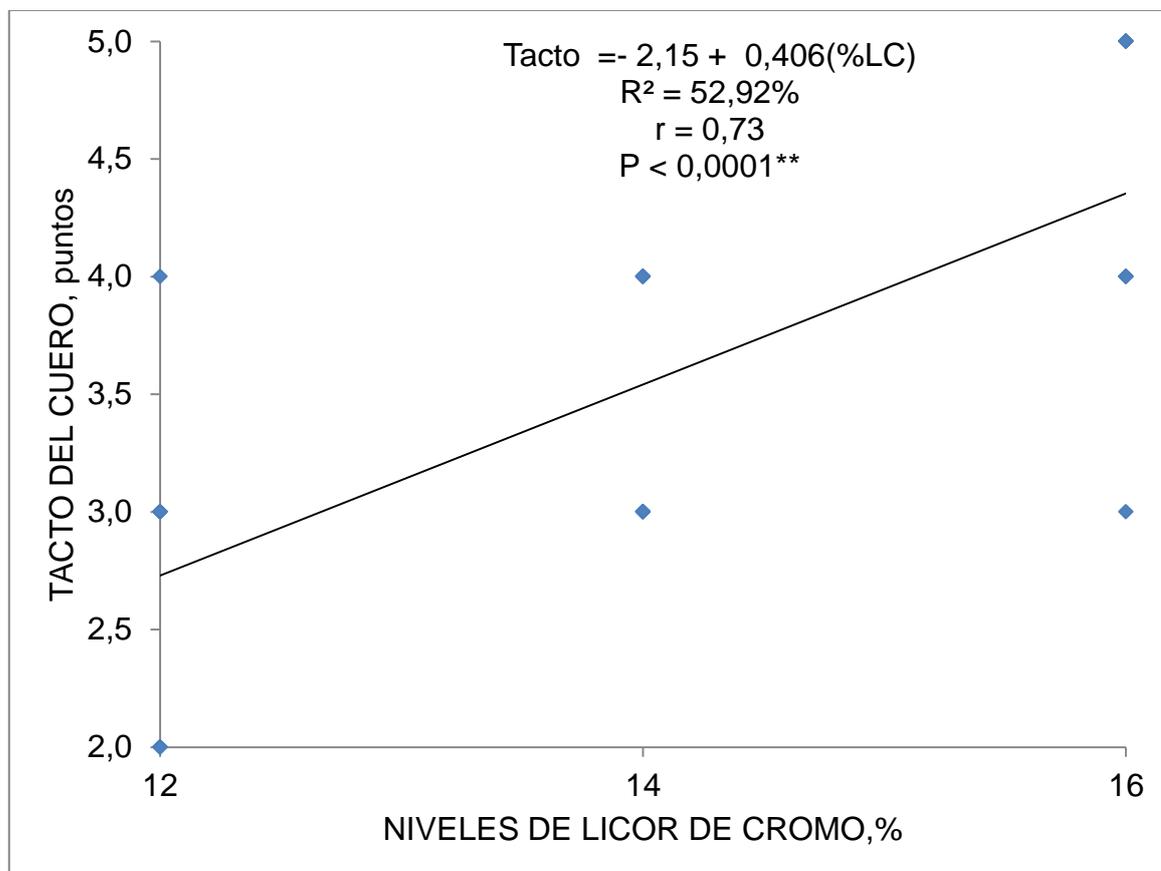


Gráfico 25. Regresión del tacto de las pieles curtidas con diferentes niveles de licor curtiente mineral.

b. Por efecto de los ensayos

Los valores medios reportados del tamaño de grano de las pieles de ternero no presento diferencias estadísticas ($P > 0.05$) entre medias por efecto de los ensayos, sin embargo de carácter numérico se aprecia la mejor respuestas al curtir las pieles del segundo ensayo (E2), con medias de 3,67 puntos y condición muy buena según la escala propuesta por Hidalgo, L. (2015), y que descienden a 3,58 puntos y condición muy buena, al curtir las pieles de ternero con diferentes niveles de licores de cromo en el primer ensayo como se ilustra en el gráfico 26, al no existir diferencias estadísticas entre lotes de producción en el cual se dividió a las pieles para la presente investigación; se afirma que las condiciones experimentales fueron replicadas con gran exactitud y que todos los factores de

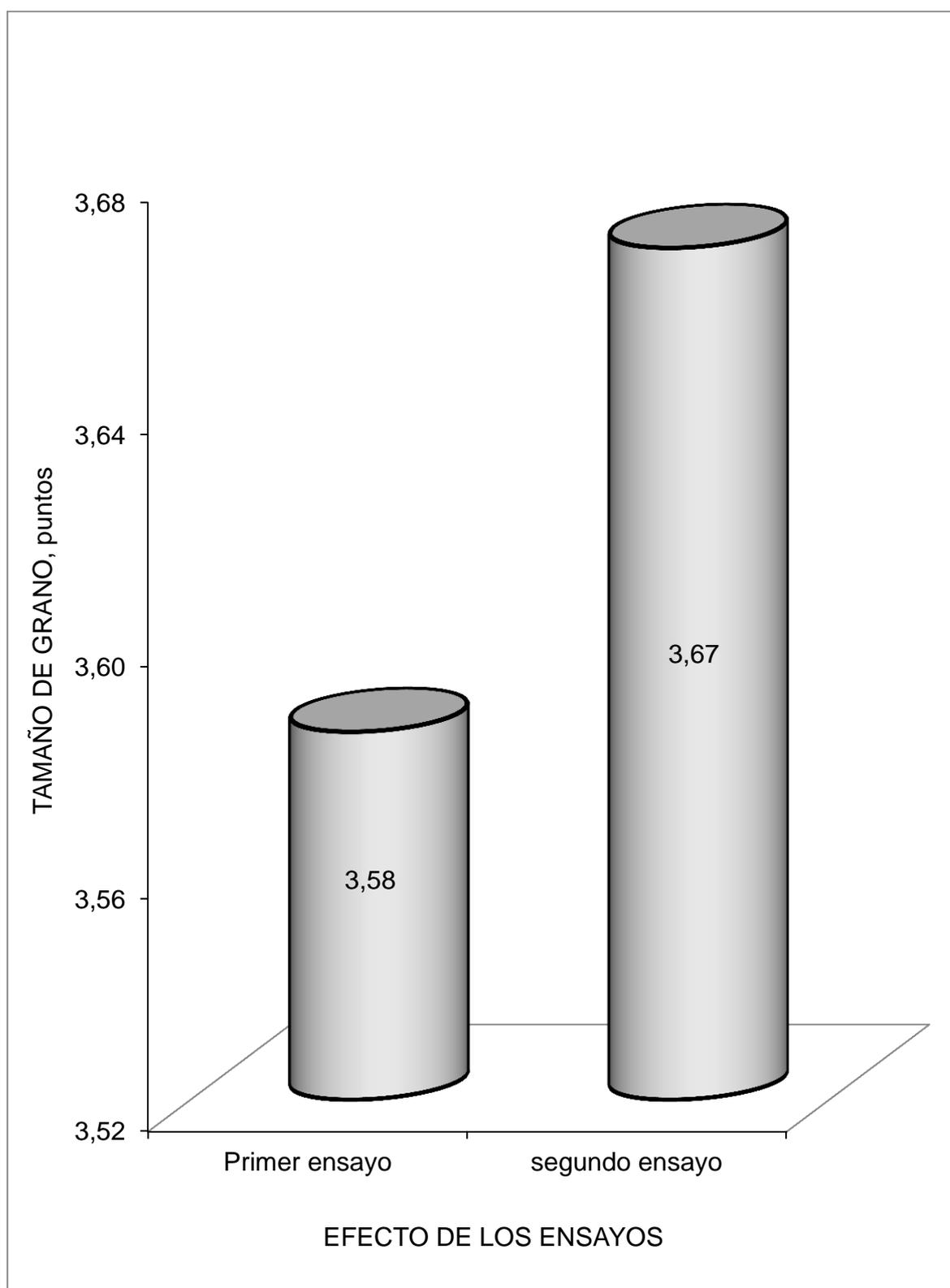


Gráfico 26. Comportamiento del tamaño de grano de las pieles de ternero curtidas con diferentes niveles de licor de curtiente mineral, por efecto de los ensayos.

interferencia que pudieran haber cambiado los resultados fueron controlados con gran precisión. Al respecto Bacardit, A. (2004), infiere que el uso de los licores de cromo se invento en las industrias curtidoras de Alemania, y al analizar las aguas residuales que se desprendían de todos los procesos de curtición estas estaban en picos muy elevados de contaminación para ello se aplicaron pruebas de observancia y otras con equipos instrumentales muy precisos y se alcanzaron respuestas muy elevadas de presencia de agentes contaminantes; luego de realizar diversas pruebas pilotos se logro la obtención de los licores de cromo que eran agentes curtientes en donde el cromo se encuentra diluido. El cuero es un recurso renovable, en contraste con los materiales y fibras de origen petroquímico que se postulan como alternativas. Las sales de cromo (III) son el producto más ampliamente utilizado como curtiente. Cerca del 90% de la producción de piel y cuero las utiliza. Durante años se han investigado y propuesto muchos procedimientos alternativos pero no es factible sustituir una proporción substancial del proceso de curtición al cromo por otras alternativas como la curtición vegetal o wet-white, por lo tanto la alternativa más confiable seria la utilización de sales de cromo que pueden obtenerse del reciclado de baños de curtición, y a través de los resultados de la presente investigación se ha conseguido crear bitácoras de producción fácilmente reproducibles.

c. Por efecto de la interacción niveles de curtiente mineral por los ensayos

La evaluación estadística de la calificación de tamaño del grano de las pieles de ternero curtidas por efecto de la interacción entre los diferentes niveles de licores de cromo y los ensayos no presentaron diferencias estadísticas ($P > 0.05$) entre medias, sin embargo de carácter numérico se registraron las mejores respuestas al curtir las pieles con 16% de licores de cromo en el primero y segundo ensayo (T3E1 y T3E2), con registros de 4,75 puntos y calificación excelente de acuerdo a la escala propuesta por Hidalgo, L. (2015), para los dos casos en estudio, a continuación se registraron las respuestas de tamaño del grano alcanzado en el lote de pieles curtidas con 14% de licores de cromo en el segundo ensayo (T2E2), con respuestas numéricas iguales a 3,75 puntos y calificación muy buena según la mencionada escala; como se reporta en el cuadro 12, las mismas que

Cuadro 12. EVALUACIÓN DE LAS CALIFICACIONES SENSORIALES DE LAS PIELS DE TERNERO POR EFECTO DE LA INTERACCIÓN ENTRE LOS DIFERENTES NIVELES DE LICOR DE CURTIENTE MINERAL Y LOS ENSAYOS.

VARIABLES	INTERACCIÓN ENTRE LOS NIVELES DE LICOR DE CURTIENTE MINERAL Y LOS ENSAYOS.						EE	Prob.	Sign.
	12%E1	12E2	14%E1	14%E2	16%E1	16%E2			
	T1E1	T1E2	T2E1	T2E2	T3E1	T3E2			
Blandura, puntos.	2,75 b	2,75 b	3,75 c	3,50 c	4,75 a	4,50 a	0,31	0,899	ns
Tacto, puntos.	2,75 b	2,75 b	3,75 c	3,50 c	4,75 a	4,50 a	0,32	0,2855	ns
Tamaño grano, puntos.	2,50 b	2,50 b	3,50 c	3,75 c	4,75 a	4,75 a	0,27	0,8679	ns

EE: Error estadístico.

Prob: probabilidad.

Sign: Significancia.

descendieron a 3,50 puntos que se reportaron al curtir las pieles del tratamiento antes indicado pero en el primer ensayo (T2E1), a continuación se registro valores de 2,50 puntos y condición buena al curtir las pieles de ternero con 12% de licores de cromo en el primero y segundo ensayo (T1E1 y T1E2), como se ilustra en el gráfico 27. De acuerdo a los resultados expuestos se afirma que al curtir con 16% de licor de cromo se registró las respuestas más altas del tamaño de grano de las pieles de ternero, destinadas a la confección de artículos de vestir de primera calidad que fácilmente podrían competir en mercados exigentes como son los europeos.

Lo que es corroborado con las apreciaciones Cantera, A. (2009), quien manifiesta que las técnicas aplicadas para la recuperación del cromo en los baños de curtición se basan en la precipitación de éste en forma de hidróxido, por la adición de un álcali en las condiciones adecuadas. Los lodos de hidróxido de cromo generados se separan por decantación para, finalmente, a través de una redisolución de éstos en ácido, obtener licores lo suficientemente concentrados, con las condiciones que los hagan aprovechables para el curtido de pieles, y sobre todo que no desmejoren la apariencia de las mismas ya que de la belleza del grano dependerá la aceptación por parte de los consumidores sean estos artesanos o consumidores.

Observando al microscopio un corte transversal de una piel fresca de bovino es: fácil diferenciar sus constituyentes: los pelos; una delgada capa externa, la epidermis, y una ancha capa media, la dermis, en esta capa que constituirá la piel pueden distinguirse a simple vista las dos capas que la forman: la capa superior, es la capa papilar, atravesada, por orificios capilares y salidas de las excreciones producidas por las glándulas sebáceas y sudoríparas. Cada piel posee un dibujo granular distinto, que le confiere su atractivo particular, esto se debe a que está limitada exteriormente por una membrana que cierra sus poros y cuyas sinuosidades constituyen la grana natural o flor del cuero.

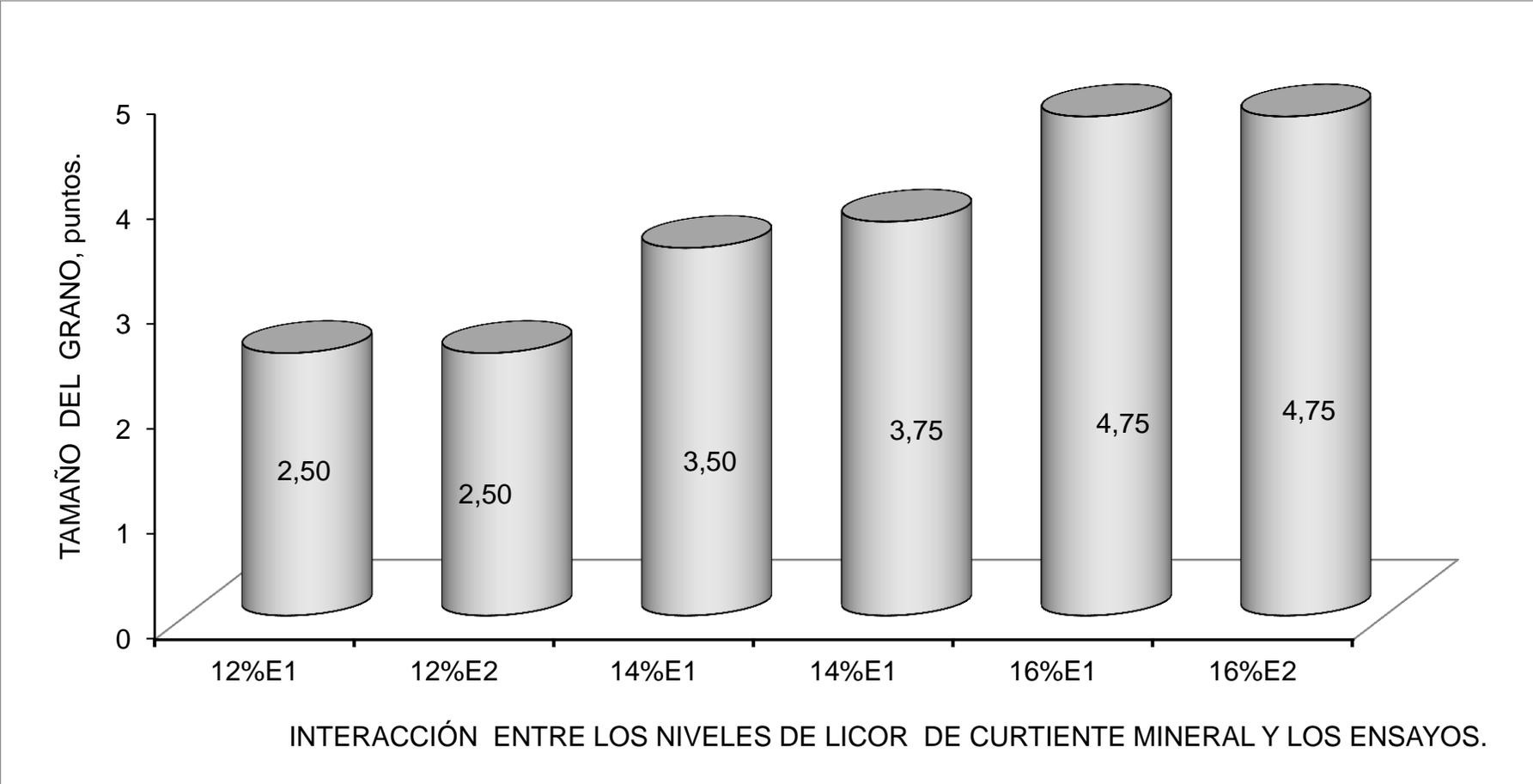


Gráfico 27. Comportamiento de la resistencia a la tensión de las pieles de ternero por efecto de la interacción entre los diferentes niveles de licor de curtiente mineral y los ensayos.

D. ANÁLISIS DE CORRELACIÓN ENTRE VARIABLES FÍSICAS Y SENSORIALES DE LAS PIELS DE TERNERO CURTIIDAS CON DIFERENTES NIVELES DE LICOR DE CURTIENTE MINERAL

El análisis de la correlación que se reporta en el cuadro 13, infiere que existe entre el nivel de curtiente mineral con la resistencia a la tensión una relación media positiva donde $r = 0,37$; es decir que con el incremento en el nivel de curtiente mineral existirá una elevación progresiva de la tensión de las pieles de ternera destinadas a la producción de cueros para vestimenta, ($P < 0,05$).

El grado de asociación que existe entre el porcentaje de elongación de las pieles de ternero y el nivel de curtiente mineral, equivale a establecer una correlación negativa alta ($r = - 0,52$), que permite estimar que conforme se incrementa el nivel de curtiente mineral aplicado a la fórmula del curtido de las pieles de ternera el porcentaje de elongación decrece en forma altamente significativamente ($P < 0,01$).

Respecto a la temperatura de contracción, se debe enfatizar que se registró una correlación positiva alta $r = - 0,85$, donde se indica que ante el incremento del nivel de licor de curtiente mineral como las pieles de ternera soportan mayores temperaturas ya que sus respuestas se elevan en forma altamente significativa y a una probabilidad menor a 0.01.

La correlación existen entre el nivel de licor de curtiente mineral como y la calificación sensorial de blandura registró una relación alta positiva directamente proporcional de dependencia, con un coeficiente de $r = 0,81^{**}$ revelando que al haber un mayor nivel de licor de curtiente mineral como utilizado en el curtido de las pieles de ternera existirá un incremento de la blandura ($P < 0.001$).

En la interpretación de la correlación existente entre el nivel de licor de curtiente mineral como y la calificación sensorial de tacto se reportó una relación positiva alta entre las variables ($r = 0,73$), deduciendo que a mayor nivel de licor

Cuadro 13. ANÁLISIS DE CORRELACIÓN ENTRE VARIABLES FÍSICAS Y SENSORIALES DE LAS PIELS DE TERNERO CURTIDAS CON DIFERENTES NIVELES DE LICOR DE CURTIENTE MINERAL.

NIVELES DE LICOR CURTIENTE MINERAL		Resistencia a la tensión	Porcentaje de elongación	Temperatura de contracción	Blandura	Tacto	Tamaño del grano
Ensayo			**	**	**		**
Resistencia a la tensión	0,37*	1	**		*	**	**
Porcentaje de elongación	- 0,52**	- 0,09	1				
Temperatura de contracción	0,85**	0,38	- 0,34	1			
Blandura	0,81**	0,16	- 0,38	0,6	1		
tacto	0,73**	0,05	-0,37	0,57	0,69	1	
Tamaño del grano	0,89**	0,14	- 0,41	0,77	0,81	0,7	1

** La correlación es altamente significativa al nivel de $P < 0,01$.

* La correlación es significativa al nivel de $P < 0,05$.

de curtiente mineral cromo utilizado en el curtido de las pieles de ternero que serán destinadas a la producción de cuero para vestimenta existirá una mayor calificación de tacto de las pieles ($P < 0,001$).

Finalmente la relación que se identifica entre el nivel de licor de curtiente mineral cromo utilizado en el curtido de pieles de ternera destinadas a la confección de vestimenta y el tamaño el grano, infiere una relación positiva alta ($r = 0,89$), que determina que con el incremento del nivel de licor de curtiente mineral cromo existe una elevación de la calificación de tamaño del grano, ($P < 0.001$).

D. EVALUACIÓN ECONÓMICA

El análisis económico de la curtición de pieles de ternera utilizando diferentes niveles de licor curtiente mineral (12%, 14% y 16%), que se reporta en el cuadro 14, reportó como ingresos producto de la compra de cueros, productos químicos para cada uno de los procesos y alquiler de maquinaria rubros de 340,5 dólares para el tratamiento T1; 343,5 dólares para el tratamiento T2 (14%) y finalmente 344,5 dólares para el tratamiento T3. Una vez producido el cuero y confeccionado los artículos de vestimenta se estimó un ingreso de 380 dólares para el tratamiento T1; 412 dólares para el tratamiento T2 y finalmente 425 para el tratamiento T3.

Por lo tanto al dividir los ingresos para los egresos obtenemos la relación beneficio costo que superior al curtir las pieles con mayores niveles de licor curtiente mineral cromo es 16% ya que los resultados fueron de 1,23 es decir que por cada dólar invertido se espera una rentabilidad del 23%; la misma que desciende en el lote de cueros a los que se curtió con 14% de licor de cromo ya que la relación beneficio fue de 1,20; o lo que, es lo mismo decir que por cada dólar invertido se espera una ganancia o utilidad del 20%; mientras tanto que el beneficio más bajo fue reportado en las pieles curtidas con 12% de licor curtiente mineral ya que sus respuestas fueron del 1,12, es decir una ganancia del 12%. Sin embargo al realizar una consideración general de los beneficios reportados en

la presente investigación que se encuentran entre 12 y 23% se consideran muy atractivos ya que superan con las proyecciones de cualquier otra actividad industrial similar y sobre todo el tiempo de recuperación del capital es relativamente bajo ya que esta bordeando los 4 meses entre partida y partida.

Pero una de las ventajas de la presente investigación no es solo económica ya que al utilizar licores de cromo a mas de recuperar capital al utilizar el cromo que no ha ingresado en la piel estamos precautelando a la industria curtidora de posibles cierres pues éste metal es muy condenado por la legislación ambiental de nuestro país, que exige cada vez la aplicación de tecnologías limpias *end of de pipe*, es decir al final del tubo como es la utilización de licores de cromo.

Cuadro 14. EVALUACIÓN ECONÓMICA.

CONCEPTO	NIVELES DE LICOR CURTIENTE MINERAL		
	12% T1	14% T2	16% T3
Compra de pieles de ternero	8	8	8
Costo por piel de ternero	6	6	6
Valor de pieles de ternero	48	48	48
Productos para pelambre	50,1	50,1	50,1
Productos para el desencalado y piquelado	53,4	53,4	53,4
Productos para curtido	61,14	64,14	65,14
Productos para acabado	67,86	67,86	67,86
Alquiler de Maquinaria	60	60	60
TOTAL DE EGRESOS	340,5	343,5	344,5
INGRESOS			
Total de cuero producido	120	126	135
Costo cuero producido pie 2	0,35	0,37	0,39
Cuero utilizado en confección	66	79,5	73,5
Excedente de cuero	54	46,5	61,5
Venta de excedente de cuero	240	252	270
Venta de artículos confeccionados	140	160	155
Total de ingresos	380	412	425
Beneficio costo	1,12	1,20	1,23

V. CONCLUSIONES

- Los resultados de la presente investigación evidenciaron la influencia que presenta sobre la piel la utilización, en su curtido, del licor de curtiente mineral, para conseguirlo fue necesario controlar en las pieles de ternera antes de transformarla en cuero, un conjunto de características físicas, y sensoriales que se utilizaron para calificar su adecuación para la finalidad a la que se destinan, es decir vestimenta.
- La evaluación de las resistencias físicas del cuero de ternera permiten inferir que con la aplicación del 16% de licor curtiente mineral se registró la mayor resistencia a la tensión (1625,33 N/cm²), y temperatura de contracción (96,63°C), en tanto que el mayor porcentaje de elongación fue alcanzado en las pieles curtidas con 12% de licor curtiente (26,63%), superando las exigencias de calidad establecidas en las normas internaciones del cuero.
- La valoración sensorial de las pieles de ternero determinaron los resultados más altos con la aplicación a la fórmula de curtido del 16% de licor curtiente cromo, ya que la blandura fue de 4,63 puntos, tacto de 4,38 puntos y tamaño del grano 4,75 puntos, estipulándose en cada uno de ellos calificaciones que van de excelente a muy buena.
- La curtición con licores de cromo permitió solucionar un problema muy grave que se presenta el sector curtidor como es el exceso de cromo III, que pasa a formar parte de los residuos líquidos que serán vertidos al alcantarillo y a cuerpos de agua dulce, como se ha visto su efecto es sumamente nocivo para la salud humana, animal y vegetal.
- La utilización del 16% de licor de cromo permitió obtener mayores rentabilidades a la producción de pieles de ternera para la confección de vestimenta puesto que la relación beneficio costo está en 1,23 es decir que por cada dólar invertido se espera una ganancia del 23%, a lo que se sumaría la remediación ambiental que ocurre al aplicar esta tecnología limpia.

VI. RECOMENDACIONES

De las conclusiones antes descritas se derivan las siguientes recomendaciones:

- Realizar una curtición con 16% (T3), de licor curtiente mineral cromo pues se mejoran las resistencias físicas del cuero, ya que permite obtener un material de primera clase para la confección de artículos de elevada calidad que logrará un posicionamiento satisfactorio en mercados exigentes.
- Para obtener mejores prestaciones sensoriales de las pieles de ternera se recomienda la aplicación de 16% de licor de curtiente mineral cromo, debido a que se mejora la sensación al tocar el producto por parte de los consumidores.
- Utilizar 16% de licor de curtiente mineral de cromo, para elevar el beneficio económico inclusive al ser comparado con otras actividades industriales que representan mayores riesgos para la empresa.
- Es aconsejable utilizar licores de cromo puesto que éste producto se puede recuperar, regenerar y reutilizar en el mismo proceso de curtido, después de haber pasado previamente por estos mismos procesos de reutilización; o que puede re-reutilizarse repetidas veces, obteniéndose cuero de calidad requerida para confección.
- Ensayar diferentes niveles de licor de cromo a los ya investigados y sobre todo en otro tipo de pieles como son ovinas, caprinas, o pieles menores, para determinar si los resultados pueden ser replicados con eficiencia.

VII. LITERATURA CITADA

1. ADZET J. 2006. Química Técnica de Tenería. España. 1a ed. Igualada, España. Edit. Romanya-Valls. pp. 105,199 – 215.
2. AGUDELO, S. 2007. Ahorro de agua y materia prima en los procesos de pelambre y curtido del cuero mediante precipitación y recirculación de aguas. 1a ed. Barcelona, España. Edit CIPRO. pp. 45 – 49.
3. BACARDIT, A. 2004. Química Técnica del Cuero. 2a ed. Cataluña, España. Edit. COUSO. pp. 12-52-69.
4. BELLO, M. 1980. El desengrase de cueros ovinos. Recirculación de baños en la curtición de cueros ovinos con lana. 2a ed. Madrid, España. pp. 11 – 16.
5. CANTERA, A. (2009), Efluentes de curtiembre Reutilización de los licores de pelambre, C.S. Buenos Aires, Argentina. presentado en el VI Congreso Latinoamericano de Químicos del Cuero . p. 17.
6. CANTERA, C. (2007), Tecnologías que reducen el consumo de insumas químicas y la carga contaminante de los efluentes de curtiembre. Buenos Aires, Argentina. Edit INTI-CITEC;, pp. 19 – 21.
7. <http://www.cpts.org>.(2014), Prez, E. Ventajas de la utilización de licores de cromo.
8. <http://www.gob.mx> (2014), Torres, J. Una alternativa para reducir la contaminación son los licores de cromo.
9. <http://www.upb.edu/es/node>. 2014. GEA consultores. Problemas ocasionados por la curtición con cromo

10. <http://www.greenpeace.org/report>. 2014. Guirirn, G. Las sales de cromo como actúan en el momento de la curtición.
11. <http://www.bvsde.paho.org>. 2014. Soler, A. Para que se realiza la hirolisis de las sales de cromo
12. <http://www.bvsde.paho.org>.(2014. Bartolini, P. Efectos nocivos de la curtición con cromo
13. <http://www.inti.gov.ar/oferta/citec.pdf> 2014. Arcadaia, M. Reducción, reutilización y reciclado del cromo III
14. <http://www.directricesyrecomendacionesdecalidad.com>. 2013. Bacarditt, A. Ventajas de l curtición com licores de cromo
15. <http://www.directricescalidad.com>. 2013. Borrás, D. Como se reaiza las uniones coordinados del cromo
16. <http://www.normasparaconfecion.com>. 2013. Artemio, P. La curtición de cromo deferentes defectos.
17. <http://www.clubensayos.com>. 2014. Argemto, D. Directrices y recomendaciones de calidad del cuero
18. <http://www.deltacque.com> 2014. Armendariz, P. Exigencias de calidad del cuero para vestimenta
19. <http://www.quiminet.com>. 2013. Sideronge, L. Reducción, reutilización y reciclado del cromo III
20. <http://www.cortolima.gov.com>. 2014. Gracminar, P. Problemas asociados al cromo trivalente

21. <http://wwwbooks.google.com.ec>.2014. Buestan, M. Naturaleza del complejo –Agentes enmascarantes
22. <http://www.feng.pucrs.br/>.2014. Bornhart, A. Factores que intervienen en la curtición al cromo – concepto prácticas
23. <http://wwwmaterias.fi.uba.ar>. 2014. Espinoza, G. Las pieles de ternera, usos y aplicaciones.
24. <http://wwwbases.bireme.br>. 2014. Fiallos, F. Representación esquemática de la reacción proteína curtiente.
25. <http://www.cortolima.gov.com>. 2014. Dominguez, J. Teoría de las uniones coordinadas.
26. <http://wwwbooks.google.com.ec>. 014. Gracminar, P Teoría de la curtición mineral de la Naturaleza de la combinación cromo colágeno.
27. <http://www.cortolima.gov.com>. 2014. Carmelos, J. Como se efectua una curtición al cromo de pieles vacunas.
28. <http://wwwsyberwurx.com.html> 2014. Nolano, R. Hidrólisis de las sales de cromo.
29. <http://www.greenpeace.org/report>. 2014 . Programa Social Agropecuario.
30. <http://www.tecnologiaslimpias.org/curtiembres/7.pdf>. 2014. La curtición con licores de cromo técnicas mas aplicadas.
31. <http://www.ambiente.gob.ec>. 2014, Cuello, S. Naturaleza de los ligantes de coordinación – agentes enmascarantes.
32. <http://wwwguanajuato.guiamexico.com>.2014.Carrizo, Carrizo, H. Estudio de la formación de los complejos de cromo.

33. <http://www2.inecc.2014>. Villagran, E. Estudio de la estructura de la piel bovina.
34. <http://www.icatech.gob.mx.2014>. Garrello, M. Características de las pieles de ternero.
35. <http://wwwpielbovina.com.2014> . Font, J. Como se realiza la curtición al cromo .
36. <http://www.vegacarcer.com.2014>. Marshal, A. Porque utilizar licores de cromo.
37. JURAN, J. 2003. Los ligantes y su utilización. s.n. Barcelona, España. Edit. ALBATROS. pp. 56-96.
38. LACERCA, M. 2003. Curtición de Cueros y Pieles. 1a ed. Buenos Aires, Argentina. Edit. Albatros. pp 1, 5, 6, 8, 9,10.
39. LIBREROS, J. 2003. Manual de Tecnología del cuero. 1a ed. Edit. EUETII. Igualada, España. pp. 13 – 24, 56, 72.
40. LUCK, N. (2009), Curtición al cromo y ecología. 1a ed. Farben, España Edit , Bayer, revue., pp 40-53.
41. LUDWIGSHAFE, P. 2009. ABC de la curtiembre, Curtido al cromo. 1a ed. Buenos Aires Argentina. Edit BASF, pp 414 – 432.
42. PORTAVELLA, M. 2005. Tenería y medioambiente, aguas residuales. Vol 4. Barcelona, España. Edit CICERO. pp .91,234,263.
43. SCHORLEMMER, P. 2002. Resistencia al frote del acabado del cuero. 2a ed. Asunción, Paraguay. Edit. Limusa. pp. 19 ,26,45,52,54, 56.

44. ULLMAN, T. (2006), Enciclopedia de tecnología química, XII,; T. XIII. Barcelona España., Edit Kirk-Othmer. pp. 672-678.

ANEXOS

Anexo 1. Resistencia a la tensión de las pieles de ternero curtidas por efecto de los diferentes niveles de licores de cromo.

A. Análisis de los datos

I	II	III	IV
1862,50	1825,00	1396,30	1322,50
1322,50	1107,00	955,00	735,00
1986,10	1797,20	1727,80	1672,20
1456,90	1415,30	993,10	956,90
1201,60	1600,90	1575,00	1539,10
1562,50	1851,60	1632,80	2039,10

B. Análisis de la varianza

Fuente de variacion	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Cal	0,05	0,01
Total	2847718,68	23	123813,856			
factor A	388260,7808	2	194130,39	3,73	3,55	6,01
factor B	504165,0938	1	504165,094	9,67	4,41	8,29
Int A*B	1017302,883	2	508651,441	9,76	3,55	6,01
Error	937989,92	18	52110,5513			

C. Por efecto de las medias

Nivel	Media	Grupo
12%	1315,73	b
14%	1500,69	ab
16%	1625,33	a

D. Por efecto de los ensayos

Ensayo	Media	Grupo
Primer ensayo	1625,52	a
segundo ensayo	1335,64	b

E. Por efecto de la interacción

Interacción	Media	Grupo
12%E1	1601,58	c
12%E2	1029,88	b
14%E1	1795,83	a
14%E1	1205,55	c
16%E1	1479,15	c
16%E2	1771,50	c

F. Análisis de la regresión

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	383408,64	383408,64	3,4228	0,0777
Residuos	22	2464310,0	112014,09		
Total	23	2847718,6			

Anexo 2. Porcentaje de elongación de las pieles de ternero curtidas por efecto de los diferentes niveles de licores de cromo.

A. Análisis de los datos

I	II	III	IV
32,00	34,00	17,00	19,00
18,00	28,00	30,00	35,00
29,00	29,00	19,00	28,00
31,00	19,00	28,00	17,00
20,00	20,00	16,00	14,00
22,00	20,00	19,00	19,00

B. Análisis de la varianza

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Cal	0,05	0,01
Total	935,96	23	40,693846			
factor A	276,5833333	2	138,2917	3,99	3,55	6,01
factor B	3,375	1	3,375	0,10	4,41	8,29
Int A*B	31,75	2	15,875	0,46	3,55	6,01
Error	624,25	18	34,68			

C. Por efecto de las medias

Nivel	Media	Grupo
12%	26,63	a
14%	25,00	ab
16%	18,75	b

D. Por efecto de los ensayos

Ensayo	Media	Grupo
Primer ensayo	23,08	a
segundo ensayo	23,83	a

E. Por efecto de la interacción

Interacción	Media	Grupo
12%E1	25,50	a
12%E2	27,75	a
14%E1	26,25	a
14%E1	23,75	a
16%E1	17,50	a
16%E2	20,00	a

F. Análisis de la regresión

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	248,0625	248,0625	7,9334	0,0100
Residuos	22	687,896	31,268		
Total	23	935,958			

Anexo 3. Temperatura de contracción de las pieles de ternero curtidas por efecto de los diferentes niveles de licores de cromo.

A. Análisis de los datos

I	II	III	IV
32,00	87,00	80,00	86,00
18,00	78,00	80,00	82,00
29,00	97,00	95,00	95,00
31,00	98,00	95,00	95,00
20,00	96,00	98,00	96,00
22,00	98,00	96,00	95,00

B. Análisis de la varianza

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Cal	0,05	0,01
Total	1277,83	23	55,56			
factor A	1181,083	2	590,55	137,16	3,55	6,01
factor B	4,17	1	4,1667	0,97	4,41	8,29
Int A*B	15,083	2	7,5417	1,75	3,55	6,01
Error	77,50	18	4,306			

C. Por efecto de las medias

Nivel	Media	Grupo
12%	81,50	b
14%	96,13	a
16%	96,63	a

D. Por efecto de los ensayos

Ensayo	Media	Grupo
Primer ensayo	91,83	a
segundo ensayo	91,00	a

E. Por efecto de la interacción

Interacción	Media	Grupo
12%E1	83,00	b
12%E2	80,00	b
14%E1	95,75	a
14%E1	96,50	a
16%E1	96,75	a
16%E2	96,50	a

F. Análisis de la regresión

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	248,0625	248,0625	7,94	0,01005
Residuos	22	687,8956	31,2678		
Total	23	935,958			

Anexo 4. Blandura de las pieles de ternero curtidas por efecto de los diferentes niveles de licores de cromo.

A. Análisis de los datos

I	II	III	IV
32,00	2,00	3,00	2,00
18,00	2,00	3,00	3,00
29,00	4,00	4,00	3,00
31,00	3,00	3,00	4,00
20,00	5,00	4,00	5,00
22,00	4,00	5,00	5,00

B. Análisis de la varianza

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Cal	0,05	0,01
Total	21,33	23	0,9275			
factor A	14,08	2	7,0417	18,11	3,55	6,01
factor B	0,167	1	0,167	0,43	4,41	8,29
Int A*B	0,08	2	0,0417	0,11	3,55	6,01
Error	7,00	18	0,39			

C. Por efecto de las medias

Nivel	Media	Grupo
12%	2,75	b
14%	3,63	c
16%	4,63	a

D. Por efecto de los ensayos

Ensayo	Media	Grupo
Primer ensayo	3,75	a
segundo ensayo	3,58	a

E. Por efecto de la interacción

Interacción	Media	Grupo
12%E1	2,75	b
12%E2	2,75	b
14%E1	3,75	c
14%E1	3,50	c
16%E1	4,75	a
16%E2	4,50	a

F. Análisis de la regresión

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	14,063	14,063	42,550	1,462E-06
Residuos	22	7,271	0,330		
Total	23	21,333			

Anexo 5. Tacto de las pieles de ternero curtidas por efecto de los diferentes niveles de licores de cromo.

A. Análisis de los datos

I	II	III	IV
2,00	2,00	3,00	2,00
3,00	3,00	3,00	4,00
3,00	4,00	3,00	4,00
4,00	3,00	3,00	4,00
4,00	3,00	5,00	5,00
4,00	5,00	5,00	4,00

B. Análisis de la varianza

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Cal	0,05	0,01
Total	20	23	0,87			
factor A	11	2	5,29	13,14	3,55	6,01
factor B	1	1	1,04	2,59	4,41	8,29
Int A*B	1	2	0,54	1,34	3,55	6,01
Error	7	18	0,40			

C. Por efecto de las medias

Nivel	Media	Grupo
12%	2,75	b
14%	3,50	b
16%	4,38	a

D. Por efecto de los ensayos

Ensayo	Media	Grupo
Primer ensayo	3,33	a
segundo ensayo	3,75	a

E. Por efecto de la interacción

Interacción	Media	Grupo
12%E1	2,25	b
12%E2	3,25	c
14%E1	3,50	c
14%E1	3,50	c
16%E1	4,25	a
16%E2	4,50	a

F. Análisis de la regresión

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	10,563	10,563	24,732	5,6231E-05
Residuos	22	9,396	0,427		
Total	23	19,958			

Anexo 6. Tamaño de Grano de las pieles de ternero curtidas por efecto de los diferentes niveles de licores de cromo.

A. Análisis de los datos

I	II	III	IV
2,00	2,00	3,00	3,00
2,00	2,00	3,00	3,00
4,00	3,00	3,00	4,00
4,00	3,00	4,00	4,00
5,00	5,00	5,00	4,00
5,00	5,00	5,00	4,00

B. Análisis de la varianza

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Cal	0,05	0,01
Total	26	23	1,11			
factor A	20	2	10,13	34,71	3,55	6,01
factor B	0	1	0,04	0,14	4,41	8,29
Int A*B	0	2	0,04	0,14	3,55	6,01
Error	5	18	0,29			

C. Por efecto de las medias

Nivel	Media	Grupo
12%	2,50	b
14%	3,63	c
16%	4,75	a

D. Por efecto de los ensayos

Ensayo	Media	Grupo
Primer ensayo	3,58	a
segundo ensayo	3,67	a

E. Por efecto de la interacción

Interacción	Media	Grupo
12%E1	2,50	b
12%E2	2,50	b
14%E1	3,50	c
14%E1	3,75	c
16%E1	4,75	a
16%E2	4,75	a

F. Análisis de la regresión

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	10,563	10,563	24,732	5,6E-05
Residuos	22	9,396	0,427		
Total	23	19,958			

Anexo 7. Receta del proceso de ribera de las pieles de ternero curtidas con diferentes niveles de licores de cromo, para la obtención de cuero para vestimenta.

PROCESO	OPER .	PRODUCTO	%	CANTIDA D	En g/k g	T°	TIEMP O
w(21)kg	BAÑO	Agua	200	42	kg	Ambient e	30 min.
Remojo		Tenso activo deja	1	210	g		
		1 sachet de Cl		500	ml		
	Botar baño						
	BAÑO	Agua	200	42	kg	Ambient e	3 h.
Tenso activo deja		0,5	105	g			
NaCl (sal)		2	420	g			
Botar baño							
Pelambre / Embadurnado	BAÑO	Agua	5	1,05	kg	Ambient e	12 h.
		Ca (OH) ₂ (cal)	3	630	g		
		Na ₂ S (Sulfuro de Na)	2,5	525	g		
		Yeso	1	210	g		
Botar baño							
w(18,50)kg	BAÑO	Agua	100	18,5	kg	Ambient e	10 min.
Pelambre bombo		Na ₂ S (Sulfuro de Na)	0,4	74	g		10 min.
		Na ₂ S (Sulfuro de Na)	0,4	74	g		10 min.
		Agua	50	9,25	kg		10 min.
		NaCl (sal)	0,5	92,5	g		10 min.
		Na ₂ S (Sulfuro de Na)	0,5	92,5	g		30 min.
		Ca (OH) ₂ (cal)	1	185	g		30 min.
		Ca (OH) ₂ (cal)	1	185	g		30 min.
		Ca (OH) ₂ (cal)	1	185	g		3 HORA.
		Reposo en bombo por 18 horas (Cada hora girar 10 min. Y descanso 50 min.).					
	Botar baño						
BAÑO	Agua	200	37	kg	Ambient e	20 min.	
Botar baño							
BAÑO	Agua	100	18,5	kg	Ambient e	30 min.	
	Ca (OH) ₂ (cal)	1	185	g			
Botar baño							

Anexo 8. Receta para el proceso de desencalado, rendido y purgado, piquelado I, y desengrase de pieles de ternero curtidas con diferentes niveles de licores de cromo, para la obtención de cuero para vestimenta.

PROCESO W (18,5)	OPER.	PRODUCTO	%	CANTIDAD	En g/kg	T°	TIEMPO				
Desencalado		Agua	200	37	kg	30	60 min.				
		Formiato de Na	0,2	37	g						
	BOTAR BAÑO										
			Agua	100	18,5	kg	35	30 min.			
			NaHSO ₃ (Bisulfito de Na)	0,5	92,5	g					
			DEKALON CL- BR p	1	185	g					
Rendido		Rindente	0,2	37	g		60 min.				
		Botar baño									
		BAÑO	Agua	200	37			kg	Ambiente	20 min.	
Botar baño											
Piquelado I	BAÑO	Agua	60	11,1	kg	Ambiente	10 min.				
		NaCl (sal)	6	1,11	kg						
		HCOOH1:10(Ac. Formico)	1,4				20 min.				
		1 parte (Diluida)		863,3	g						
		2 parte		863,3	g						
		3 parte		863,3	g		60 min.				
		HCOOH1:10(Ac. Fórmico)	0,4				20 min.				
		1 parte (Diluida)		246,6	g						
		2 parte		246,6	g						
		3 parte		246,6	g						
Botar baño											
Desengrase W(6 kg)	BAÑO	Agua	100	6	kg	35	60 min.				
		Tenso activo deja	2	120	g						
		ISOGRASS PDX	4	240	g						
	Botar baño										
	BAÑO	Agua	100	6	kg	35	30 min.				
Tenso activo deja		2	120	g							
Botar baño											

Anexo 9. Receta para el proceso de desengrase de pieles de ternero curtidas con diferentes niveles de licores de cromo, para la obtención de cuero para vestimenta.

Desengrase W(6,2 kg)	BAÑO	Agua	100	6,2	kg	35	60 min.	
		Tenso activo deja	2	124	g			
		ISOGRASS PDX	4	248	g			
	Botar baño							
	BAÑO	Agua	100	6,2	kg	35	30 min.	
		Tenso activo deja	2	124	g			
		Botar baño						

Anexo 10. Receta para el proceso de desengrase de pieles de ternero curtidas con diferentes niveles de licores de cromo, para la obtención de cuero para vestimenta.

Desengrase W(6,1 kg)	BAÑO	Agua	100	6,1	kg	35	60 min.	
		Tenso activo deja	2	122	g			
		ISOGRASS PDX	4	244	g			
	Botar baño							
	BAÑO	Agua	100	6,1	kg	35	30 min.	
		Tenso activo deja	2	122	g			
		Botar baño						

Anexo 11. Receta para el piquelado II, curtido y basificado de pieles de ternero curtidas con diferentes niveles de licores de cromo, para la obtención de cuero para vestimenta.

PROCESO	OPER.	PRODUCTO	%	CANTIDAD	En g/kg	T°	TIEMPO			
Piquelado II	BAÑO	Agua	60	11,3	kg	Ambiente	20 min.			
		NaCl (sal)	6	1,13	kg					
		HCOOH1:10(Ac. Formico)	1,4							
		1 parte (Diluida)		877,3	g		20 min.			
		2 parte		877,3	g		60 min.			
		3 parte		877,3	g		20 min.			
		HCOOH1:10(Ac. Formico)	0,4				20 min.			
		1 parte (Diluida)		250,6	g		20 min.			
		2 parte		250,6	g		60 min.			
		3 parte		250,6	g					
		Reposo 12 h. (una noche)								
		Rodar el bombo 30 min.								
		Curtido		Cromo	7		1316	g		60 min.
Basificante 1:10	0,4					60 min.				
1 parte (Diluida)				250,6	g	60 min.				
2 parte				250,6	g	5 h.				
3 parte				250,6	g	30 min.				
Agua	70			13,16	kg	70				
Botar baño										
CUERO WETBLUE										
Perchar y Raspar Calibre 1 mm.										

Anexo 12. Receta para acabados en húmedo de pieles de ternero curtidas con diferentes niveles de licores de cromo, para la obtención de cuero para vestimenta.

PROCESO	OPER.	PRODUCTO	%	CANTIDAD	En g/kg	T°	TIEMPO
w(18,8)kg	BAÑO	Agua	200	37,6	kg	Ambiente	30 min.
REMOJO		Tenso activo (deja)	0,2	37,6	g		
		HCOOH (Ac. Fórmico)	0,2	37,6	g		
Botar baño							
Recurtir	BAÑO	Agua	80	15,04	kg	40	40 min.
		Cromo	4	752	g		
		Recurtiente Fenólico	2	376	g		
Botar baño							
Neutralizado	BAÑO	Agua	100	18,8	kg	40	60 min.
		NaCOOH (Formiato de Na)	1	188	g		60 min.
		Recurtiente neutral Pak	3	564	g		
	Botar baño						
	BAÑO	Agua	300	56,4	kg	Ambiente	40 min.
Botar baño							
Tinturado	BAÑO	Agua	100	18,8	kg	40	10 min.
		Dispersante	2	376	g		40 min.
		Anilina	3	564	g		
		HCOOH	1	188	g		
Recurtido	BAÑO	Agua	30	5,64	kg	50	60 min.
		Mimosa	4	752	g		
		Dispersante	1	188	g		
Engrase	BAÑO	Agua	100	18,8	kg	70	60 min.
		Ester fosfórico	6	1,128	kg		
		Parafina sulfoclorada	4	752	g		
		Grasa Sulfitada	12	2,256	Kg		
		Grasa Cationica	0,5	94	g		
Fijar	BAÑO	HCOOH (Ac. Fórmico) 1:10	1	1880	g	70	10 min.
		HCOOH (Ac. Fórmico) 1:10	1	1880	g		10 min.
		Anilina Catiónica 1:5	0,3	56,4	g		10 min.
		HCOOH (Ac. Fórmico) 1:10	0,5	940	g		10 min.
		Anilina Catiónica 1:5	0,3	56,4	g		10 min.
		Aceite Catiónico 1:5	1	188	g		20 min.
		Botar baño					
	BAÑO	Agua	200	34,837,6	kg	Ambiente	20 min.
Botar baño							
Perchar (apilar flor con flor y tapar con fundas negras), Secado							