



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

**“EVALUACIÓN DEL AMARANTO EN LA TINTURA DE LANA DE OVINOS  
CON DIFERENTES VALORES DE PH UTILIZANDO SUERO DE LECHE”**

**TESIS DE GRADO**

**Previa a la obtención del título de:**

**INGENIERO EN INDUSTRIAS PECUARIAS**

**AUTOR**

**JOHNATAN ISMAEL CÁRDENAS SOLÓRZANO**

**Riobamba – Ecuador**

**2010**

Esta Tesis fue aprobada por el siguiente Tribunal

---

Ing. M.C. Luís Rafael Fiallos Ortega Ph.D.  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

---

Ing. M.C. Enrique César Vayas Machado.  
**DIRECTOR DE TESIS**

---

Ing. M.C. Luís Eduardo Hidalgo Almeida.  
**ASESOR DE TESIS**

Riobamba, 09 de Marzo del 2010

## **AGRADECIMIENTO**

Cuando comencé a escribir a quienes puedo agradecer pensé que no podía dejar a nadie importante fuera de la mención, por eso de antemano pido que me disculpen en caso de que esto suceda.

Al finalizar una etapa más de mi vida estudiantil lleno de alegrías, dificultades y por supuesto lleno de experiencia donde cada instante disfrute de todos los momentos compartidos con quienes he llegado hacer una bonita amistad.

En primer lugar quiero darle todo el merito a mi Dios quien ha estado con migo en cada paso que doy en mis buenas y malas decisiones, por fortalecer mi mente, además de regalarme toda la sabiduría e inteligencia que he aportado todos estos años ha esta mi carrera profesional.

Quiero agradecer a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en Especial a la Facultad de Ciencias Pecuarias por Brindarme todas las facilidades para ocupar sus instalaciones, laboratorios, etc.

Por último también quiero agradecer a todos mis maestros quienes supieron dedicar todo su esfuerzo en cada uno de nosotros como estudiantes, en especial a mi tribunal de tesis Ing. Enrique Vayas, Ing. Luis Hidalgo, Dr. Luis Fiallos, quienes me orientaron y aconsejaron durante todo mi trabajo de investigación.

Johnatan

## DEDICATORIA

Quiero dedicar el presente trabajo a Dios mi Señor y a toda mi familia por acolitarme en todas mis locuras que emprendido durante toda mi carrera y siempre ser mis fervientes cómplices.

A mi mamita Lusita quien con todo su esfuerzo físico, económico supo sacar mi carrera adelante por regalarme toda su sabiduría y su apoyo incondicional en momentos difíciles, a mi Papito Fernandito que ha estado conmigo en las buenas y en las malas brindándome todo sus sabios consejos.

A mis hermanitas Yoli en la distancia, Fernanda siempre preocupada de cómo me va, a mi confidente y amiga Jimena, quienes han compartido mis logros y todas mis metas, por brindarme todo su amor incondicional, y como no agradecerle a mis dos amores Camilita y Dana sin olvidarme del mi rey Jeremy.

Agradecerle hoy y siempre a mis tíos en especial a Hernán que ha sido como mi segundo Padre gracias por tus consejos y tu apoyo moral y económico, ha Rodrigo y su esposa que han sido mis más fervientes encubridores sin olvidarme que me han respaldado siempre.

A mis primos Diego, Jean Pearre y Luis por escucharme, soportarme y convertirse en mis mejores amigos.

A mis cuñados Germán y Carlos que se han portado conmigo como mis verdaderos hermanos.

Sin olvidarme de mis amigos Lenin, lojano, Alejo, Carmita, Germán, Flaquita, Miryam, entre otros quienes nunca me negaron su amistad y siempre estuvieron ahí en las buenas y en las malas sin pedir nada a cambio, por ayudarme en cada momento difícil y hacerme sentir bien cuando más lo necesite, por regalarme esos momentos alocados, increíbles, ridículos por decir inolvidables.

A todos mil gracias por compartir toda mi vida junto a mí los quiero mucho.

Johnatan

## CONTENIDO

	Pág.
Resumen	v
Abstract	vi
Lista de Cuadros	vii
Lista de Gráficos	viii
Lista de Anexos	ix
<b>I. <u>INTRODUCCIÓN</u></b>	1
<b>II. <u>REVISIÓN DE LITERATURA</u></b>	3
<b>A. SUERO DE LECHE DE QUESERÍA</b>	3
1. <u>Definición</u>	3
2. <u>Composición</u>	4
3. <u>Proteína del suero de leche</u>	6
<b>B. EL AMARANTO</b>	7
1. <u>Definición</u>	7
2. <u>Composición del amaranto</u>	7
3. <u>Propiedades del amaranto</u>	8
a. Usos industriales	9
4. <u>Extracción de pigmentos en plantas</u>	10
<b>C. FIBRAS ANIMALES</b>	11
1. <u>Que es la fibra de lana</u>	12
2. <u>Virtudes de la lana</u>	13
3. <u>Estructura de la lana</u>	13
a. Cutícula	14
b. Corteza	15
c. Estructura física	17
d. Estructura química	18
e. Estructura biológica	19
<b>D. TINTURA</b>	20
1. <u>Definición</u>	20
2. <u>Pasos para realizar una buena tintura</u>	20

E.	<b>EXTRACCIÓN DE COLORANTES NATURALES</b>	21
1.	<b><u>Colorantes naturales de origen vegetal</u></b>	21
2.	<b><u>Metodología de la tinción</u></b>	22
a.	<b>Preparación del baño de tinte</b>	22
b.	<b>El teñido</b>	22
c.	<b>Enjuagado y secado</b>	23
III.	<b><u>MATERIALES Y MÉTODOS</u></b>	24
A.	<b>LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DE EXPERIMENTO</b>	24
B.	<b>UNIDADES EXPERIMENTALES</b>	24
C.	<b>MATERIALES, EQUIPOS, E INSTALACIONES</b>	25
1.	<b><u>De campo</u></b>	25
2.	<b><u>De laboratorio</u></b>	25
3.	<b><u>Productos</u></b>	25
D.	<b>TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL</b>	26
E.	<b>MEDICIONES EXPERIMENTALES</b>	27
1.	<b><u>Físicos</u></b>	27
2.	<b><u>Sensoriales</u></b>	28
F.	<b>ANÁLISIS ESTADÍSTICOS Y PRUEBAS DE SIGNIFICANCIA</b>	28
G.	<b>PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL</b>	28
1.	<b><u>De campo</u></b>	28
a.	<b>Preparación del baño de tinte</b>	28
b.	<b>teñido</b>	29
c.	<b>Enjuagado y secado</b>	29
H.	<b>METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN</b>	29
1.	<b><u>Resistencia tensilar</u></b>	30
2.	<b><u>Solidez al lavado en medio acuoso (IUF 423)</u></b>	30
3.	<b><u>Solidez a la luz diurna y artificial</u></b>	31
4.	<b><u>Escala de grises</u></b>	32
5.	<b><u>Intensidad de color</u></b>	33

<b>IV. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u></b>	<b>34</b>
<b>A. EVUALACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA LANA OVINA TINTURADA CON AMARANTO A DIFERENTES NIVELES DE pH UTILIZANDO SUERO DE LECHE</b>	<b>34</b>
1. <u>Resistencia tensilar, (mm)</u>	34
2. <u>Solidez al lavado en medio acuoso, (nota)</u>	40
3. <u>Solidez a la luz diurna, (nota)</u>	44
4. <u>Solidez la luz artificial, (nota)</u>	49
<b>B. EVUALACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS SENSORIALES DE LA LANA OVINA TINTURADA CON AMARANTO A DIFERENTES NIVELES DE pH UTILIZANDO SUERO DE LECHE</b>	<b>55</b>
1. <u>Intensidad de color</u>	55
<b>C. <u>ANALISIS ECONÓMICO</u></b>	<b>60</b>
<b>V. <u>CONCLUSIONES</u></b>	<b>62</b>
<b>VI. <u>RECOMENDACIONES</u></b>	<b>63</b>
<b>VII. <u>LITERATURA CITADA</u></b>	<b>64</b>
<b>ANEXOS</b>	

## RESUMEN

En el Laboratorio de Curtiembre de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la ESPOCH, se evaluó la utilización del amaranto en la tintura de lana de ovinos con diferentes valores de pH T1 (4.0), T2 (4.5) y T3 (5.0) utilizando suero de leche, modelados bajo un Diseño Completamente al Azar con 3 tratamientos 4 repeticiones y en 2 ensayos consecutivos, los resultados indican que existió diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.001$ ) entre tratamientos, registrándose el mejor en el T1. Las resistencias físicas registran los mejores valores para resistencia tensilar (4,31 N/cm<sup>2</sup>), solidez a la luz diurna y artificial (4,75 y 4.63 nota respectivamente) y solidez al lavado en medio acuoso (4.63 nota) a pH de baño 4.0 (T1), observándose que mientras menor sea el pH la queratina de la lana no cambia sus características físicas, mientras el análisis sensorial de intensidad de color reporta las mejores calificaciones al utilizar el suero de leche con un pH de 4.0 (T1) con una calificación de 5 puntos. Obteniéndose un beneficio costo de 1.27. Por lo que se recomienda utilizar el suero de leche con un pH de 4.0 para la fijación del colorante de amaranto en el tinturado de la lana ovina, por presentar los mejores resultados en los análisis físicos, sensoriales y económicos.

## ABSTRACT

At the Tanning Lab of Cattle and Livestock Sciences Faculty of the ESPOCH, the use of the amaranth in the sheep wool dyeing with different pH values T1 (4.0), T2 (4.5) and T3 (5.0) was evaluated using milk serum, modeled under a completely at random design with 3 treatments, four replications and in two consecutive trials. The results show that there were highly significant differences ( $P \leq 0.001$ ) between treatments, the best being T1. The physical resistances record the best values for the tensile resistance (4,31 N/cm<sup>2</sup>), solidity with the daily and artificial light (4,75 pH and 4.63 mark respectively) and solidity with washing in an aqueous medium (4.63 mark) at the pH of 4.0 (T1), with a mark of 5 points. It was observed that while the pH is lower the wool keratin doesn't change its physical characteristics, while the sense analysis of color intensity shows better marks upon using milk serum with a pH of 4.0 (T1) with a mark of 5 points. The benefit-cost was 1.27 USD. It is therefore recommended to use the milk serum with a pH of 4.0 for the amaranth colorant fixation in the sheep wool dyeing, because it presents the best results in the physical, sense and economic analyses.

## LISTA DE CUADROS

Nº		Pág.
1.	COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL SUERO DE LECHE.	6
2.	COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL GRANO DE AMARANTO.	8
3.	COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA HOJA DE AMARANTO.	8
4.	CONDICIONES METEOROLÓGICAS DEL CANTÓN RIOBAMBA.	24
5.	ESQUEMA DEL EXPERIMENTO.	27
6.	ESQUEMA DEL ADEVA.	27
7.	EVUALACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA LANA OVINA TINTURADA CON AMARANTO A DIFERENTES NIVELES DE pH UTILIZANDO SUERO DE LECHE.	35
8.	EVUALACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA LANA OVINA TINTURADA CON AMARANTO A DIFERENTES NIVELES DE pH UTILIZANDO SUERO DE LECHE POR EFECTO DE LOS ENSAYOS.	38
9.	EVUALACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA LANA OVINA TINTURADA CON AMARANTO A DIFERENTES NIVELES DE pH POR EFECTO DE LA INTERACCION DEL FACTOS A*B.	38
10.	EVUALACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS SENSORIALES DE LA LANA OVINA TINTURADA CON AMARANTO A DIFERENTES NIVELES DE pH UTILIZANDO SUERO DE LECHE POR EFECTO DEL FACTOR A, B E INTERACCION A*B.	56
11.	ANÁLISIS ECONÓMICO.	61

## LISTA DE GRÁFICOS

Nº		Pág.
1.	Valoración del cambio de color que se expresa mediante una nota que describe una escala de grises.	33
2.	Comportamiento de la resistencia tensilar de la lana ovina teñida con amaranto a diferentes niveles de pH utilizando suero de leche.	36
3.	Comportamiento de la resistencia tensilar de la lana ovina teñida con amaranto a diferentes niveles de pH utilizando suero de leche, por efecto de los ensayos y de la interacción de los Factores A*B.	39
4.	Análisis de regresión de la resistencia tensilar de la lana ovina teñida con amaranto a diferentes niveles de pH utilizando suero de leche.	41
5.	Comportamiento de la solidez al lavado en medio acuoso de la lana ovina teñida con amaranto a diferentes niveles de pH utilizando suero de leche, por efecto de los ensayos y de la interacción de los Factores A*B.	43
6.	Análisis de regresión de la solidez al lavado en medio acuoso de la lana ovina teñida con amaranto a diferentes niveles de pH utilizando suero de leche.	45
7.	Comportamiento de la solidez a la luz diurna de la lana ovina teñida con amaranto a diferentes niveles de pH utilizando suero de leche, por efecto del Factor A.	46
8.	Comportamiento de la solidez a la luz diurna de la lana ovina teñida con amaranto a diferentes niveles de pH utilizando suero de leche, por efecto de los ensayos y de la interacción de los Factores A*B.	47
9.	Análisis de regresión de la solidez a la luz diurna de la lana ovina teñida con amaranto a diferentes niveles de pH utilizando suero de leche.	50
10.	Comportamiento de la solidez a la luz artificial de la lana ovina teñida con amaranto a diferentes niveles de pH utilizando suero de leche, por efecto del Factor A.	51

11. Comportamiento de la solidez a la luz artificial de la lana ovina teñida con amaranto a diferentes niveles de pH utilizando suero de leche, por efecto de los ensayos y de la interacción de los Factores A\*B. 53
12. Análisis de regresión de la solidez a la luz artificial de la lana ovina teñida con amaranto a diferentes niveles de pH utilizando suero de leche. 54
13. Comportamiento de la intensidad de color de la lana ovina teñida con amaranto a diferentes niveles de pH utilizando suero de leche. 57
14. Análisis de regresión de la intensidad del color de la lana ovina teñida con amaranto a diferentes niveles de pH utilizando suero de leche. 59

## **I. INTRODUCCIÓN**

Los colorantes empleados actualmente en la industria textil son artificiales, en tan alto porcentaje que muy bien podría decirse que lo son en su totalidad. Sin embargo los colorantes naturales han sido tan importantes en la historia del vestido y la ornamentación que resulta imposible ignorarlos; la púrpura, la cochinilla, el índigo, el palo Campeche, etc. Aparte de que las características de los colorantes artificiales son superiores a las de los naturales, resultan mucho más caros de obtener. La lista de colores que actualmente pueden ser obtenidos en el laboratorio se hace poco menos que infinita. Por otro lado, la segunda cuestión en razón de importancia en la tintura del textil, la solidez, ha sido tan perfeccionada que en la vestimenta actual la vida del color es ya comparable a la propia vida del tejido, de la confección, de la prenda en definitiva. La luz solar sigue siendo enemiga vital del color; pero el otro gran combatiente, el lavado, ha dejado de serlo, porque los detergentes actuales ya no atacan el color artificial.

El lactosuero, el cual no es aprovechado al 100 %, sobre todo en la micro y pequeña agroindustria, desechándose una gran parte causando contaminación. Tradicionalmente el suero se emplea como alimento para cerdos, actualmente se ha tomado conciencia de su importancia por su elevado valor nutricional tanto para el hombre como para la gran mayoría de las industrias.

El Amaranto es una planta que ha sido consumida desde tiempos prehispánicos. De esta planta se está extrayendo los pigmentos rojos naturales en el Amaranto, para evaluar el color y su estabilidad a diferentes temperaturas en varias industria tanto de alimentos, cosméticas y textiles. Las betalainas dan un color más brillante que el color comercial y su estabilidad es similar en 20 semanas de almacenamiento. No es tan estable en comida sintética, fármacos y rojo cosmético. Aún así el ácido ascórbico tiene un efecto protector del pigmento. Su uso es posible en varios alimentos, bebidas a pH altos y para usos textiles y cosméticos. Las técnicas que perduran hasta ésta época constituyen la evidencia de una antigua tradición, que hoy tiende a desaparecer por el amplio uso de colorantes de origen químico. En efecto, la tendencia al uso de colorantes de

producción industrial ha hecho olvidar las propiedades y aplicaciones de las plantas, que tuvieron amplio uso antes de que los laboratorios se consiguieran sintetizar la anilina obtenida por transformación de la bencina procedente del carbón de piedra. El ancestral arte de teñir ha sido utilizado por casi todas las civilizaciones de la antigüedad. Mucho antes de la aparición de los tintes químicos, la humanidad sólo contaba con la naturaleza como fuente para obtener colores. El placer de trabajar con tintes naturales radica en que nunca resulta aburrido y siempre se descubren nuevas fuentes de color.

En el actual trabajo se pretende establecer un método factible de utilizar el suero de leche con la adición de un colorante vegetal como el amaranto (*Amaranthus caudatus*), para la tinturación de lana de ovinos, este método permite además disminuir la contaminación de aguas y aire que generan las industrias de la lana, como es este tipo de colorante vegetal, mediante pruebas el nivel de aceptación del producto, para ofrecer una forma más de utilización del suero, para un mundo menos contaminado y contribuir al desarrollo sustentable. Por lo anotado se plantearon los siguientes objetivos:

- Evaluar el amaranto en la trituración de lana de ovinos con diferentes valores de pH utilizando suero de leche.
- Determinar el mejor nivel de pH (4.0, 4.5, 5.0), del baño utilizando suero de leche con la adición de 15% del amaranto (con relación al peso de la lana), para la tinturación de lana de ovinos.
- Implementar nuevos colorantes vegetales como es el caso del amaranto para la industria textil con la finalidad de disminuir la contaminación provocada por la coloración con productos químicos.
- Determinar la rentabilidad mediante el indicador beneficio costo.

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **A. SUERO DE LECHE DE QUESERÍA**

#### **1. Definición**

Porter, N. (1981), manifiesta que el suero de leche es una proteína de muy elevada calidad que es derivada de la leche. Aunque existen distintos tipos de proteína de leche, las que poseen mejor calidad son las que se obtienen por medio de procesos como el intercambio iónico y la microfiltración. Aunque el suero de leche puede aislarse de otras formas, generalmente resulta en fórmulas con un contenido muy elevado de lactosa, además de que contienen demasiada grasa y ceniza.

Por su parte, <http://www.wikipedia.suerodeleche.org>. (2009), nos indica que el suero de leche es un líquido obtenido en el proceso de fabricación del queso y de la caseína, después de la separación de la cuajada o fase micelar. Sus características corresponden a un líquido fluido, de color verdoso amarillento, turbio, de sabor fresco, débilmente dulce, de carácter ácido, con un contenido de nutrientes o extracto seco del 5.5% al 7% provenientes de la leche. Constituye el 90 % de la leche y contiene los compuestos hidrosolubles. La acidez es variable (5.0 a 5.8), la producción mundial de este efluente esta en el orden de las 10 millones de toneladas anuales. La evidencia más contundente de su importancia nutritiva es la constatación de que la proteína del suero presenta elevado valor biológico (HBV, sigla en inglés para High Biological Value), y un rico perfil de aminoácidos.

Warren, L. (2003), reporta que el perfil de aminoácidos del suero presenta considerables cantidades de aminoácidos esenciales, aminoácidos sulfurados y aminoácidos de cadena ramificada. Dichos aminoácidos son los principales responsables por el excelente índice del radio eficiente de proteína y por la amplia gama de aplicaciones de la proteína del suero.

## **2. Composición**

Delorme, J. (1980), reporta que el suero de leche contiene hidratos de carbono en forma de lactosa o azúcar de leche. La lactosa es un disacárido compuesto de una molécula de glucosa y una molécula de galactosa. Cien gramos de suero de leche líquido contienen 4,7 gr. de azúcar de leche. La lactosa es el componente principal del suero de leche y la que le confiere sus propiedades más importantes. Dado que el azúcar de leche como disacárido es fácilmente asimilable por el organismo, la lactosa constituye una buena fuente de energía. A ello hay que añadir otras ventajas. La lactosa no se disocia por completo en la parte superior del tracto gastrointestinal, sino que permanece en el intestino delgado y el colon en forma de azúcar de leche. Esta circunstancia supone una ventaja especial, dado que las bacterias de la flora intestinal transforman la lactosa en ácido láctico, muy beneficioso para el organismo en varios sentidos.

Meyer, F. (1988), manifiesta que el ácido láctico estimula el peristaltismo intestinal, proceso que realiza la musculatura circular y que permite la contracción sucesiva de los distintos segmentos intestinales para transportar el alimento a lo largo del intestino y asegurar una correcta eliminación de los productos de desecho y la materia fecal. El ácido láctico actúa como un laxante suave y natural con un efecto extraordinario sobre la atonía intestinal y el estreñimiento. El ácido láctico producido a partir de la lactosa favorece asimismo la asimilación del calcio, fósforo, potasio y magnesio al aumentar la solubilidad de estas sales minerales en el intestino. De esta forma pueden ser absorbidas mucho mejor por la pared intestinal, de donde pasan al torrente sanguíneo.

Delorme, J. (1980), reporta que a través de la sangre llegan finalmente a su destino final: las células. La investigación moderna ha demostrado que existen dos tipos de ácido láctico: ácido D(-)- láctico y ácido L(+)- láctico es más fisiológico porque nuestro organismo posee la enzima necesaria para su catabolismo. Por cierto, nuestro organismo también transforma la lactosa en ácido L(+)- láctico. El mismo tipo de ácido láctico lo producen también nuestros músculos en la combustión de la glucosa, lo que, en condiciones de esfuerzo

extremo, da lugar a las conocidas “agujetas”. En cambio, el ácido D(-)- láctico, a través de la dieta, hiperacidifica el medio orgánico. La Organización Mundial de la Salud (OMS), recomienda, por este motivo, no ingerir más de 100 mg/día de ácido D(-), láctico por Kilo de peso corporal, es decir, como máximo 6.000 mg (6 gr.), para una persona de 60 Kg. de peso. Esta recomendación debe ser tenida particularmente en cuenta en la alimentación de los lactantes y niños de corta edad porque la tolerancia al ácido de su metabolismo es menor y todavía no se ha desarrollado completamente su capacidad de neutralización.

Alvarado, M. (1987), señala que el ácido láctico contenido en el suero de leche fresco se compone exclusivamente del tipo L(+), es decir, de ácido láctico fisiológico. El polvo de suero de leche elaborado a partir de suero fresco también contiene principalmente ácido L(+)- láctico. Sin embargo, ya se ha mencionado que el suero de leche fresco no admite su conservación: cada hora que pasa pierde calidad y llega a ser imposible de ingerir porque el ácido L(+)- láctico se transforma lentamente en ácido D(-)- láctico. Esto explica que en los sanatorios del siglo pasado sólo se pudiera ingerir suero de leche poco después de su elaboración y únicamente en las primeras horas de la mañana. El suero de leche es el medio más suave, y al mismo tiempo eficaz, para mejorar el flujo libre de la bilis, la evacuación de las deposiciones y el vaciamiento de la vejiga.

Porter, N. (1981), manifiesta que el ácido láctico producido a partir de la lactosa favorece asimismo la asimilación del calcio, fósforo, potasio y magnesio al aumentar la solubilidad de estas sales minerales en el intestino. De esta forma pueden ser absorbidas mucho mejor por la pared intestinal, de donde pasan al torrente sanguíneo. En investigaciones de algunos autores se tuvo como objetivo observar las propiedades funcionales del lactosuero, con el fin de utilizarlo como medio de cultivo de bacterias probióticas. Las bacterias prebióticas, que son benéficas para el humano, son habitantes naturales del tracto gastrointestinal; al lograr un equilibrio en la concentración de esas bacterias, se tiene una buena salud, previniendo enfermedades. En el cuadro 1. Se describe la composición química del suero de leche.

Cuadro 1. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL SUERO DE LECHE.

<b>Composición media de lactosuero en polvo</b>		
<b>Propiedad</b>	<b>Lactosuero dulce</b>	<b>Lactosuero ácido</b>
pH	6,4 - 6,6	4,4 - 4,6
Materia seca	69	66
Lactosa	51	42
Proteínas	6 – 7	6 – 7
Materia grasa	0,2	1,0
Materias minerales	4 – 5	7 – 8
Calcio	0,45	1,05
Fósforo	0,4	0,8
Ácido láctico	0	10

Fuente. <http://wwwes.wikipedia.suerodelecheorg>. (2009).

### **3. Proteína del suero de leche**

Porter, N. (1981), asegura que la proteína del suero de leche es una colección de proteínas globulares que pueden ser aisladas físicamente del suero de la leche, subproducto procedente de productos lácteos como el queso, a su vez fabricados de la leche de vaca, oveja, cabra o búfala. Desde el punto de vista químico es una mezcla de proteínas como la beta-lactoglobulina (65%), la alfa-lactoalbumina (25%), y la seroalbúmina (8%), todas ellas solubles en agua en sus formas nativas independientemente del pH de la solución. El suero de leche posee el mayor valor biológico (VB), de cualquiera proteína conocida, es decir que se transforma en un alto porcentaje en proteína muscular durante las actividades

metabólicas. Hoy en día se comercializa esta proteína en un polvo soluble de bajo coste procedente de los restos de la industria del queso.

## **B. EL AMARANTO**

### **1. Definición**

En <http://www.wikipedia.org> Amaranthus.(2008), se expone que los amarantos (*Amaranthus caudatus*), pertenecen a la familia Amaranthaceae, contiene esencia de melocotón y frutos secos. Son un género de hierbas ampliamente distribuido por la mayor parte de las regiones templadas y tropicales. Aunque persiste algo de confusión sobre su exacta taxonomía, existen alrededor de 60 especies. Varias de ellas se cultivan como verduras, cereales o plantas ornamentales. Se trata de una planta amarantácea de rápido crecimiento, con hojas anchas, tallos y flores moradas, rojas o doradas. Sus granos son levemente mayores a las semillas de amapola y aparecen en grandes racimos. Las plantas que se utilizan por su grano y que han sido también utilizadas como ornamento y como colorante, son generalmente especies cultivadas, de mayor porte, con grandes inflorescencias y abundante producción de semilla. Las especies productoras de verdura son generalmente malezas, de menor tamaño, con flores y frutos más pequeños y de color oscuro. La planta presenta una gran versatilidad, pudiéndose utilizar en la preparación de diversos alimentos y tiene, además, un prometedor potencial en la industria alimenticia, en elaboración de cosméticos, en colorantes y hasta para producir plásticos biodegradables.

### **2. Composición del amaranto**

Warren, L. (2003), indica que el amaranto tiene un alto valor nutritivo, ya que se aprovechan sus múltiples formas, como grano, como verdura o como forraje. El embrión de este grano es grande y contiene una buena fuente de lípidos y proteínas. Estas proteínas tienen un alto nivel de expresión y acumulación en los granos, jugando un papel muy importante en la nutrición de seres humanos. La

semilla de amaranto tiene un contenido de proteínas (16% de peso seco), mayor que el de los cereales tradicionales. En el cuadro 2 y 3. Se describe la composición química del grano y de la hoja de amaranto:

Cuadro 2. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL GRANO DE AMARANTO.

COMPONENTE	CANTIDAD	COMPONENTE	CANTIDAD
Calorías	358	Calcio	247 mg
Agua	13 g	Fósforo	500 mg
Proteína	13 g	Hierro	3,4 mg
Grasas	7 g	Tiamina	0,14 mg
Carbohidratos	65 g	Riboflavina	0,32 mg
Fibra	6,7 g	Niacina	1 mg
Ceniza	2,5 g	Vitamina C	3 mg

Fuente: <http://www.cucba.udgamaranto.htm>. (2009).

Cuadro 3. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA HOJA DE AMARANTO.

COMPONENTE	CANTIDAD	COMPONENTE	CANTIDAD
Calorías	42	Calcio	313 mg
Agua	86 g	Fósforo	74 mg
Proteína	4 g	Hierro	5,6 mg
Grasas	0,8 g	Tiamina	0,05 mg
Carbohidratos	7,4 g	Riboflavina	0,2 mg
Fibra	1,5 g	Niacina	1,2 mg
Ceniza	2,1 g	Vitamina C	65 mg

Fuente: <http://www.cucba.udg>. (2009).

### 3. Propiedades del amaranto

Mostacero. F. (2002), nos demuestra que el amaranto es un vegetal con un muy alto valor nutritivo por su alto contenido de proteínas, aminoácidos y minerales. Una de sus principales propiedades es que revienta en condiciones muy calientes

y se convierte en una palomita cerealera, con muy alto contenido nutritivo, con 15 a 18 % de proteína y presencia de lisina y metionina, alto contenido de fibra, calcio, hierro y vitaminas A y C. Además es una planta muy adaptable a condiciones de crecimiento muy limitadas en agua y nutrientes minerales. Resiste mucho el calor extremo.

<http://www.propiedadesdelamaranto.gov>. (2008), indica que actualmente la mayoría de la población mundial recibe el grueso de sus requerimientos proteicos y calorías de 20 especies vegetales únicamente, en especial de los cereales como el trigo, el arroz, el mijo y el sorgo; tubérculos como la papa, el camote y la cassava; leguminosas como el frijol, el cacahuate y la soya, y otros alimentos, como la caña de azúcar, el betabel y el plátano.

#### **a. Usos industriales**

Para <http://www.alimentosargentinos.gov>. (2008), actualmente, el principal consumo de amaranto es el de grano y hojas para preparación de platos, pero los nuevos procesos tecnológicos generaron otras oportunidades de negocios para el cultivo, lográndose insumos específicos para la industria alimentaria y cosmética. El tamaño de los granos de almidón de algunas líneas de amaranto le permiten gelatinizar con temperaturas bajas, entre 50 y 75 ° C, haciéndolos apto para usar en sopas. En otros casos, los gránulos son estables al congelado y descongelado, característica deseable para la fabricación de salsas, compotas y para su uso en alimentos congelados. También, las características físicas permiten la obtención de polvo impalpable y/o liofilizado, que se utiliza en infusiones para la preparación de desayunos, así como también en la industria cosmética.

Según <http://www.amaranto.gov.htm>. (2008), ciertas variedades son ricas en un pigmento natural denominado amarantina, que se utiliza en varios productos alimenticios, como mayonesas y salsa de soja. De las variedades rojas se obtiene un pigmento natural llamado betalaína, que se degrada levemente con la luz. Sin embargo, su uso es muy prometedor, ya que la mayoría de los pigmentos rojos son sintéticos y su uso se encuentra en fase de prohibición por resultar riesgosos

para la salud. En Perú se desarrollaron mecanismos simples de obtención de estos pigmentos.

Soler, J. (2004), afirma que además, se han desarrollado técnicas para extraer concentrados proteínicos de alto valor que pueden ser usados en el enriquecimiento de alimentos de alto valor nutritivo, sustituyendo a la proteína de soja. En la elaboración de mayonesas y aderezos bajas calorías se ha dado un uso novedoso a estos extractos, ya que se aprovechan las características aglutinantes del grano y se sustituye la grasa que comúnmente contienen dichos aderezos por el extracto proteínico de amaranto.

Saheb, D. (1999), sostiene que otro producto que se encuentra en desarrollo es una bebida denominada "leche de amaranto" por sus propiedades nutritivas semejantes a las del producto animal. Esta bebida representa una opción viable y más económica para personas que presentan intolerancia a la leche, a la vez que es un excelente sustituto de la leche de soja. Respecto a la utilización industrial de las hojas de amaranto, a partir de ellas se ha desarrollado una bebida de fibra dietética y laxante. Estas aplicaciones prometen un generoso futuro para este supercereal, pero actualmente las escalas de producción de amaranto en el mundo no son suficientes para impulsar una industrialización de gran importancia, y los productores siembran pequeñas cantidades pues no existe un mercado desarrollado para el grano, lo que configura de este modo un círculo vicioso. De tal modo, el negocio se encuentra aún en un pequeño nicho de alto valor, restringido a consumidores muy selectos.

#### **4. Extracción de pigmentos en plantas**

Portillo, L. y Viguera, A. (2002), dice que las partes a utilizar son ramas, hojas, flores, corteza, raíz, frutos, etcétera; las cuales pueden usarse frescas o secas. En general se ocupa un 100% sobre el peso de la fibra a teñir (estado fresco). Las plantas que se usen deben remojar perfectamente con agua caliente en un recipiente donde también se introducirán las fibras. El tiempo aproximado para la

tinción es de un mínimo de 30 minutos, durante el cual se debe mover constantemente para favorecer una difusión homogénea del tinte en la fibra.

### **C. FIBRAS ANIMALES**

Saheb, D. (1999), manifiesta que las fibras de origen animal son muy variadas, la seda es quizá la fibra de origen animal de mayor aceptación por la fineza del hilado, pero las lanas también son fibras que ocupan un lugar especial, sobre todo para los habitantes de las zonas frías del planeta.

<http://www.geocities.com>.(2009), indica que las fibras animales están compuestas por una serie de moléculas proteínicas, que son ordenaciones atómicas en estructuras alargadas, que se encuentran unidas unas a otras, estas cadenas a su vez se encuentran enlazadas entre sí de forma paralela por eslabones laterales. Estos últimos puntos de enlaces son más débiles que las propias uniones de las cadenas, además son químicamente activos, por lo que cualquier cambio en el medio químico donde se encuentre la fibra, afectará la condición de estos puentes de enlace hasta adaptarse al nuevo medio, es decir, equilibrarse. Es posible encontrar tres tipos de puentes laterales, los salinos, los hidrogenados y los sulfurados. Los puentes salinos ocurren entre dos cadenas individuales, al coincidir áreas cargadas de radicales ácidos o básicos, son fácilmente debilitados por el agua. Por su parte los puentes de hidrógeno son los que se rompen en presencia de soluciones salinas o metálicas, dichas soluciones vienen a ser los denominados mordientes. Los puentes sulfurados son los más fuertes, aunque es posible romperlos no conviene hacerlo, ya que la fibra se torna quebradiza e inservible.

Para <http://www.geocities.cucba.com>. (2009), las fibras de origen animal más comunes son las siguientes:

- Alpaca: Esta fibra es producida por un animal del mismo nombre oriundo de Sudamérica, de alrededor de un metro de altura, la fibra es larga, puede llegar a medir hasta 60 cm.

- Camello: Fibra producida por un camélido originario de Asia (China y Mongolia), es una fibra de color marrón muy perseguida por la polilla.
- Conejo de angora: Una fibra muy suave que se obtiene de la parte dorsal y ventral de los conejos, son usadas para infinidad de tejidos y para elaborar masajeadores para reumáticos.
- Llama: Fibra originaria de Sudamérica parecida a la alpaca, pero de menor fineza.
- Oveja: Este animal produce fibra de diversos colores, los más comunes son blancos y negros, es una de las fibras más conocidas y utilizadas a nivel mundial.
- Seda: Esta fibra es producida por larvas de ciertos tipos de mariposas, existe la seda de la morera (*Bombix mori*), la seda de "gusanos" silvestres. Es de llamar la atención que la seda es la única fibra de uso textil que no se hila, ya que de forma natural se produce el hilo.
- Vicuña: Esta fibra es producida por un camélido sudamericano de pelo muy fino, que está en peligro de extinción, ya que para obtener la fibra, es necesario sacrificar al animal.

## 1. Que es la fibra de lana

Peña, L. (2002), indica que la fibra de lana es una estructura organizada, propia de la piel de los ovinos, que tiene su origen en el folículo y está compuesta por células muertas, cada una de ellas llena de una proteína fibrosa denominada *queratina* (presente también en las uñas, pezuñas, plumas, etc.).

Por otra parte, <http://www.wikipedialanaorg>. (2009), señala que la lana es una fibra natural que se obtiene de las ovejas y de otros animales como llamas, alpacas, vicuñas, cabras o conejos, mediante un proceso denominado esquila. Se

utiliza en la industria textil para confeccionar productos tales como sacos, cobijas, ruanas, guantes, calcetines, suéteres.

## **2. Virtudes de la lana**

Peña, L. (2002), manifiesta que las virtudes de la lana de ovinos son las que a continuación se detallan:

- Inflamabilidad
- Higroscopicidad
- Termoaislante
- Generadora de calor
- Liviana
- Elástica
- Fuerte y durable
- Tinción rápida
- Afieltrable

## **3. Estructura de la lana**

Rodellino, L. (1995), sostiene que la fibra de lana está formada por dos capas netamente diferenciadas, la cutícula y la corteza, y en determinado tipo de fibras puede existir una tercera capa, la medula. La cutícula comprende aproximadamente un 10% del total de la fibra y está formada por las características escamas que confieren a la lana alguna de sus propiedades. En las lanas finas una sola escama puede envolver la totalidad de la fibra formando como anillos tubulares de bordes relativamente saliente salientes, mientras que en lanas mucho más gruesas se necesitan varias escamas para recubrir todo el perímetro y son en general más grandes y aplanadas.

Hidalgo, L. (2004), reporta que cuando el perímetro en general es más grande y plano afecta fuertemente el brillo, ya que la reflexión de la luz incidente será mayor que en estas lanas de escamas planas y lisas que en las merinas, donde sus bordes más prominentes dificultarán parte de esta reflexión. Será necesario un alto efecto de planchado y fijado en éstas lanas finas para obtener el brillo apetecido. Alrededor de la corteza o cutícula existe una capa mucho más fina, la epicutícula, formada por polisacáridos que confiere una extraordinaria resistencia química al conjunto y que dificulta el acceso de sustancias extrañas a la lana. Es la responsable de la extraordinaria resistencia de la lana a los ácidos, fuertes.

Rodellino, L. (1995), reporta que dentro de la estructura escamosa de la cutícula se encuentran tres zonas que se diferencian en los porcentajes de azufre total: la exocutícula es la zona más queratinizada, la mesocutícula es la zona intermedia, Y la endocutícula en el interior de la escama y sin queratinizar es por lo tanto la más susceptible de sufrir los ataques de ácidos, álcalis y parcialmente digerible por la tripsina. El cortex es el componente fundamental de la lana y la resistencia mecánica de ésta es mayor cuando más alto sea el porcentaje de cortex en su composición, está formado por células fusiformes de una longitud entre 80-100  $\mu$  y una anchura de 25  $\mu$  que tienen una estructura parcialmente cristalina. Las células corticales están formadas por una serie de fibrillas más pequeñas llamadas macrofibrillas que a su vez se subdividen en otras más pequeñas.

#### **a. Cutícula**

Soler, J. (2004), manifiesta que la cutícula es la capa que rodea la fibra, constituyendo el 10% de esta; está formada por células en forma de escamas o tejas, que se superponen unas a otras. Estas escamas que le dan un aspecto aserrado a la fibra, tienen distinta disposición y tamaño, en las diferentes razas ovinas. Cada célula escamosa consta de tres capas: epicutícula, exocutícula y endocutícula.

- La epicutícula, Es muy resistente a los agentes químicos e impide la entrada de colorantes durante el proceso de teñido. Felizmente desaparece durante el lavado y cardado, ya que es sensible a los tratamientos mecánicos.
- La exocutícula: resulta ser muy susceptible a los ataques climáticos.
- La endocutícula: como la anterior, también resulta vulnerable a agentes exógenos.

## **b. Corteza**

Soler, J. (2004), reporta que la corteza constituye el 90% de la fibra y está formado por células alargadas, paralelas al eje de la fibra (células corticales). Estas células están a su vez formadas por fibrillas orientadas longitudinalmente, conocidas como macrofibrillas, que miden aproximadamente 100 micras de largo por 2-4 micras de ancho. Las microfibrillas están rodeadas por una sustancia semejante llamada matriz. Medula durante el proceso de queratinización. Puede suceder que células de la corteza pierdan líquido y queden llenas de aire, ya sea conservando las membranas o no, y formen lo que se conoce como médula. En el caso en que rompan las membranas la medula aparece como un canal hueco en el centro de la fibra. Las principales características de la lana son:

- **Diámetro:** El diámetro es la característica más importante, ya que determina los usos finales de la lana. Estimaciones norteamericanas, establecen que el diámetro tiene una importancia relativa del 8% en el precio de la lana. Las lanas finas son para fabricar artículos de vestir, suaves y de gran calidad. Las lanas medianas se emplean en telas medianas y pesadas. Las lanas gruesas se destinan para la fabricación de alfombras. Variación del diámetro en el vellón. En las distintas regiones del cuerpo del animal el diámetro no es uniforme, existiendo variaciones. En este sentido, la lana de la paleta es más fina que la del costillar, mientras que la lana más gruesa aparece en los cuartos. Factores que afectan el diámetro.

- Raza: Es bien conocida la diferencia en diámetro entre un Merino y un Romney, para citar casos relativamente extremos.
- Sexo: Incide en el diámetro; dentro de una misma raza los carneros presentan lana más gruesa que los capones y estos a su vez más gruesa que las ovejas.
- Nutrición: Afecta al diámetro; animales sometidos a altos niveles de alimentación, engrosan su lana. Mientras que lanas que soportan una deficiencia nutritiva, la afinan.
- Largo: El largo es la segunda característica en orden de importancia, luego del diámetro, representando 15-20% del precio, según investigaciones en U.S.A. su importancia radica en que determina el destino que llevará la lana durante el proceso industrial. Existen 2 sistemas de hilado: el peinado y el cardado, los cuales producen hilados de características y valor diferentes.
- Resistencia: La lana sea lo más resistente posible a la tracción. Existe variación del diámetro a lo largo de la fibra, variación debida fundamentalmente a factores ambientales, particularmente la nutrición. Por ejemplo, una fibra de lana de 30 micrones de diámetro, tiene una resistencia a la tracción de 16 gramos. La misma fibra, pero debilitada, resistente a lo sumo 11 gramos. Es importante destacar que el mínimo de resistencia necesario para que la lana pueda ser trabajada en la industria es de 8,5 gramos, para lanas de 30 micras.
- Color: El color de la lana sucia es importante para el comprador de lana, ya que puede predecir cuales coloraciones pueden ser eliminadas por el lavado y cuáles no. En la industria, sin embargo, el color que interesa es el que presenta la lana luego de que ha sido lavada, o sea luego que fueron quitados la suarda, el polvo, y los tipos de colorantes que desaparecen con el lavado. La industria está interesada en que el color de la lana sea lo más blanco posible, ya que eso permite que la lana sea teñida con una gama más amplia de colores. Hay lanas que presentan alguna coloración que no desaparezca

con el lavado, tiene limitado los colores con los cuales pueden ser teñidas (solo pueden ser teñidas con colores oscuros).

### **c. Estructura física**

<http://es.wikipedia.org/wiki>. (2009), señala que la estructura física de la lana están dado por los siguientes factores:

- **Estiramiento:** es la propiedad que le permite a la lana estirarse en gran proporción, antes de romperse. Esto es muy importante, desde el punto de vista textil, dados que procesos de industrialización tales como cardado, peinado e hilado, someten a considerables tensiones a las fibras de lana, que deben poseer extensibilidad suficiente para conservarse íntegras a través de los mencionados procesos.
- **Elasticidad:** esta propiedad, íntimamente relacionada con el interior, se refiere al hecho que la lana regresa a su largo natural, luego de estirarse, dentro de ciertos límites, ya que llega un momento en que, al romperse los enlaces químicos, la lana que no vuelve a su largo original. La elasticidad de la lana es debida a la estructura helicoidal de sus moléculas. Gracias a esta propiedad de recobramiento de la extensión, la lana tiene la habilidad de retener la forma de las vestimentas, y mantener la elasticidad de las alfombras.
- **Higroscopicidad:** todas las fibras naturales absorben la humedad de la atmósfera y, entre ellas, la lana es la que lo realiza en mayor proporción; la lana es higroscópica, es decir que absorbe vapor de agua en una atmósfera húmeda y lo pierde en una seca. La fibra de lana es capaz de absorber hasta un 50% de su peso en escurrimiento.
- **Flexibilidad:** es la propiedad de las fibras de lana, por lo cual se pueden doblar con facilidad, sin quebrarse o romperse. Esta propiedad es de gran importancia para la industria, tanto en hilandería como en tejeduría, para lograr tejidos resistentes.

#### **d. Estructura química**

Hidalgo, L. (2004), reporta que de una manera muy elemental puede decirse que la composición de la piel fresca está formada por un retículo de proteínas fibrosas bañadas por un líquido acuoso que contiene proteínas globulares, grasas, sustancias minerales y orgánicas.

- Agua: 64 %
- Proteínas: 33 %
- Grasas: 2 %
- Sustancias minerales: 0,5 %
- Otras: 0.5%

Soler, J. (2004), afirma que entre estos valores destaca el elevado contenido de agua en la piel. Aproximadamente un 20% de esta agua se encuentra combinado con las fibras de colágeno de forma similar. Del total de proteínas que tiene la piel aproximadamente un 94 a 95 % es colágeno, 1 % elastina, 1 a 2% queratina y el resto son proteínas no fibrosas. La piel vacuna contiene poca grasa, la de cerdo de 4 a 40 %, en los ovinos de 3 a 30 % y en las de cabra de 3 al 10 %. Estos porcentajes están calculados sobre piel seca, de estas cantidades el 75 a 80 % son triglicéridos.

Hidalgo, L. (2004), asegura que las proteínas de la piel se clasifican en dos grandes grupos: Fibrosas y globulares.

- Las proteínas fibrosas son las queratinas, el colágeno y la elastina, a las globulares pertenecen las albúminas y las globulinas. Las queratinas son las proteínas que forman el pelo y la epidermis, su característica es; el elevado contenido en su molécula del aminoácido cistina, cuyos porcentajes sobre

peso de proteína varían entre los valores de 4 al 18%. Químicamente es más reactivo que la elastina pero menos que las proteínas globulares.

- Las proteínas globulares se encuentran en la piel formando parte de la sustancia intercelular, proceden del protoplasma de las células vivas de la piel. Son muy reactivas químicamente y fácilmente solubles.

Mientras que, <http://www.monografias.com>. (2009), indica que la estructura química de la lana están dado por los siguientes puntos:

- Efecto de los álcalis: La proteína de la lana, que recibe el nombre de queratina, es particularmente susceptible al daño de álcalis. Por ejemplo, soluciones de hidróxido de sodio al 5%, a temperatura ambiente, disuelven la fibra de lana.
- Efecto de los ácidos: La lana es resistente a la acción de los ácidos suaves o diluidos, pero en cambio los ácidos minerales concentrados, como por ejemplo, el sulfúrico y el nítrico provocan desdoblamiento y descomposición de la fibra. Sin embargo, soluciones diluidas de ácido sulfúrico son usados durante el proceso industrial de la lana, para carbonizar la materia vegetal adherida a las fibras.
- Efecto de los solventes orgánicos: La mayoría de los solventes orgánicos usados comúnmente para limpiar y quitar manchas de los tejidos de lana, son seguros, en el sentido que no dañan las fibras de lana.

#### **e. Estructura biológica**

Font, J. (2005), expresa que la estructura biológica de la lana están dado por los siguientes puntos:

- Microorganismos: La lana presenta cierta resistencia a las bacterias y los hongos; sin embargo, estos microorganismos pueden atacar las manchas que

aparecen en la lana. Si la lana es almacenada en una atmósfera húmeda, aparecen hongos, que incluso pueden llegar a destruir la fibra. Por otra parte, las bacterias que producen podredumbres pueden destruir la fibra, si la lana permanece mucho tiempo en humedad y polvo.

- Insectos: Desde el momento que la lana es una proteína, y que por lo tanto puede ser considerada un producto alimenticio modificado, presenta una fuente de alimento para distintos tipos de insectos. Las lardas de la polilla de la ropa y de los escarabajos de las alfombras, son los predadores más comunes de la lana; se estima que estos insectos dañan varios millones de kilos de tejido de lana cada año. Se han sugerido varios tratamientos para prevenir este daño, tal es el caso de la fumigación de tejidos de lana con insecticidas, o la aplicación de productos químicos que reaccionen con las moléculas de lana, y causen que la fibra no sea palpable para los insectos. Otro sistema es el de poner, en la cercanía de la lana, sustancias que despidan olores nocivos para los insectos.

## **D. TINTURA**

### **1. Definición**

Rodellino, L. (1995), dice que la tintura de un cuerpo comprende de un conjunto de operaciones cuyo objeto es conferir a la lana una coloración determinada, sea superficial, parcial o totalmente atravesada. Para que se produzca la tintura de la lana es necesario que se ponga en contacto el colorante y la fibra a través de un vehículo, generalmente agua, que debe ir perdiendo concentración de colorante a medida que avanza el proceso, mientras la lana va fijándolo. La operación acaba cuando este traspaso de colorante de la fibra llega a su punto máximo y no se puede aumentar más por variaciones de las condiciones de trabajo.

### **2. Pasos para realizar una buena tintura**

Smith, W. (2004), expresa que para realizar una buena tintura hay que tener bien claros los siguientes factores:

- Las propiedades intrínsecas de la lana que se desea teñir, sobre todo un comportamiento en los diversos métodos de tintura y con los colorantes que se emplean en cada caso.
- Las propiedades que debe tener la tintura realizada (grado de penetración, solidez, etc.).
- Las propiedades que tienen los colorantes que se van a emplear, un tono, intensidad, afinidad hacia la piel, poder de penetración y grado de fijación.

Mientras, <http://www.inti.gov.ar>. (2010), indica que el proceso para teñir la fibra de lana con colorantes naturales se logra por medio de la difusión del colorante hacia el interior de la fibra, sin que se produzca una reacción química del colorante con la fibra. La reproducción exacta es un punto casi imposible por el origen natural de la materia prima que provee el color, por lo cual el color obtenido dependerán de condiciones tales como, época del año en la que se recolecta el material, tipo de suelo, región de cultivo; todos, factores que se nos escapan de las manos a la hora de teñir.

## **E. EXTRACCIÓN DE COLORANTES NATURALES**

### **1. Colorantes naturales de origen vegetal**

Para <http://www.edufuturo.com>. (2009), una gran profusión de plantas del continente sirvió para extraer su materia colorante y teñir el algodón, y también los pelos de los animales como la vicuña, alpaca, guanaco, llama, etc., que sirvieron para confeccionar los vestidos de los habitantes de diferentes regiones andinas, a posterior introducción de lana, de ovejas traídas por los conquistadores europeos, hace que los conocimientos sobre el uso de colorantes se apliquen a la nueva fibra, que contrasta con los tonos amarillentos y “apagados “ que proporcionan los pelos de los camélidos mencionados. La lista de plantas usadas para teñir

puede resultar interminable. En la región interandina del Ecuador, por ejemplo uno de los colorantes naturales muy usado hasta esta época es el obtenido del fruto del nogal, que produce una amplia gama de tonos que van del café muy oscuro hasta el beige. El añil para teñir de azul, el campeche para teñir la lana de negro, palo brasil para el color rojo, la chilca para el color amarillo, la tara-espino o guarango para teñir de negro. Para teñir lana o algodón también están: Artemisia, Aliso, Papa, Achiote, Jagua, Lloque, Cardo santo, Mullaca, Chapichapi, Huallhua, Chamana, entre otras.

## 2. Metodología de la tinción

<http://www.tecnicatinturalanares.htm>.(2009), no explica que; Las diferentes características tanto estructurales como químicas de la lana, implican la necesidad de procedimientos distintos en su tintura, pero a la vez la interacción entre ellos puede provocar interferencias en las operaciones. Primero que todo debemos tener en cuenta la baja estabilidad térmica que posee el cuero que nos restringe trabajar con altas temperaturas, las cuales han tenido buenos efectos en los procesos textiles para la lana. Hacer la tintura de la lana es más complicado que teñir el casco, debido a la estructura compacta y escamosa de la cutícula y a la propia densidad de la fibra. Esta compacidad y el hecho de que la cutícula se encuentre tan cerrada, son las principales razones de la resistencia de la lana a teñirse frente al casco. Al igual que otros factores descritos anteriormente en la histología de la lana y en el blanqueo.

### a. Preparación del baño de tinte

<http://www.geocities.com>. (2009), expresa que hervir durante 45 minutos el producto vegetal en agua, dejar enfriar y colar. Pesamos 300 g de materia vegetal por cada Kilogramo de tejido a teñir.

### b. El teñido

Soler, J. (2004), manifiesta que cuando el baño de tinte está frío introducimos el tejido húmedo y aumentamos despacio la temperatura hasta alcanzar los 82°C, mantenemos hirviendo durante 30 o 40 minutos y retiramos el tejido; también lo podemos dejar enfriar en el tinte, variando estos tiempos conseguimos un color más o menos intenso. La cantidad de colorante dependerá de la intensidad del color a obtener los colorantes ácidos simples son los más adecuados para la tintura de lana, por su capacidad de obtener con ellos cualquier tono y por la escasa incidencia sobre el cuero. Normalmente el neutralizado previo será suficiente para una tintura correcta. El ácido acético y fórmico tiene por objeto disminuir el pH.

### **c. Enjuagado y secado**

<http://www.geocities.com>. (2009). Expresa que enjuagamos el tejido varias veces con agua para eliminar el exceso de tinte y secamos. El secado natural se realiza a temperatura ambiente lo cual nos da lanas con buen tacto. Sin embargo tiene muy baja productividad.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **A. LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DE EXPERIMENTO**

La presente investigación se realizó en el Taller de Curtiembre de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo (ESPOCH), Panamericana Sur Km 1 ½ en la ciudad de Riobamba, con altitud 2140 msnm, una latitud de 78° 4' Sur y una longitud de 01°38' Oeste, Provincia de Chimborazo, Ecuador. El trabajo de campo tuvo una duración de 120 días. En el cuadro 4. Se registra las condiciones meteorológicas del lugar de la experimentación:

Cuadro 4. CONDICIONES METEOROLÓGICAS DEL CANTÓN RIOBAMBA.

PARAMETROS	PROMEDIO
Temperatura (°C),	13.5
Humedad Relativa (%),	60.4
Precipitación (mm),	43.4
Viento / velocidad (m / s),	2.4
Heliofania ( h/luz),	12.35

Fuente: Estación Agrometeorológica de la F.R.N de la ESPOCH. (2009).

#### **B. UNIDADES EXPERIMENTALES**

Las unidades experimentales que se consideraron para el presente trabajo, estuvieron conformadas por 4 repeticiones para cada nivel de pH (4.0, 4.5, 5.0), en 2Kg de lana por cada unidad experimental y dándonos un total de 24Kg de lana por tratamiento experimental.

## **C. MATERIALES, EQUIPOS, E INSTALACIONES**

Las instalaciones, equipos y materiales que se utilizarán en el presente trabajo fueron:

### **1. De campo**

- Equipo de cocción.
- Mandil.
- Mascarilla.
- Guantes.
- Botas.
- Bandejas.
- Baldes.
- Material de escritorio (computadora, impresora papel, etc.).
- Cámara fotográfica.
- Colador.

### **2. De laboratorio**

- Balanza eléctrica.
- pH- metro o papel pH.
- Prueba de gota de agua.
- Escala de grises.
- Tensómetro.
- Termómetro.

### **3. Productos**

- Amaranto.
- Suero de leche.

- Lana de ovinos lavada y blanqueada.
- Agua.

#### D. TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

En la presente investigación se evaluó la utilización de amaranto para la tintura de lana de ovinos con los diferentes valores de pH (4.0, 4.5, 5.0), del suero de leche, modelados bajo un diseño completamente al azar con arreglo bifactorial; con, tres tratamientos, 2 ensayos consecutivos y cuatro repeticiones en donde la repetición equivale a 2 kilogramos de lana por cada unidad experimental de acuerdo a la siguiente ecuación de rendimiento:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + (T_i * B_j)_{ijk} + \epsilon_{ij}$$

Dónde:

$Y_{ij}$  = Efecto de la media por observación

$\mu$  = Tratamiento

$T_i$  = Efectos de los tratamientos

$B_j$ : Efecto de los ensayos

$(T_i * B_j)_{ijk}$ : Efecto de la interacción

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

En el cuadro 5. Se describe el esquema del experimento que se empleo en la investigación.

Cuadro 5. ESQUEMA DEL EXPERIMENTO.

Tratamientos	Codificación	repeticiones	Tamaño (Kg lana)	Replicas	Kg lana/tratamiento
Nivel de pH 4.0	T1	4	2	2	16
Nivel de pH 4.5	T2	4	2	2	16
Nivel de pH 5.0	T3	4	2	2	16
TOTAL					48 Kg

Fuente: Cárdenas, J. (2010).

En el cuadro 6. Se describe el esquema del ADEVA que se empleo en la investigación.

Cuadro 6. ESQUEMA DEL ADEVA.

Fuente de variación	Grados de libertad
Total	23
Tratamientos	5
Factor A	2
Factor B	1
Interacción A*B	2
Error	18

Fuente: Cárdenas, J. (2010).

## E. MEDICIONES EXPERIMENTALES

Se evaluó los siguientes factores:

### 1. Físicos

- Resistencia tensilar.

- Resistencia al lavado.
- Solidez a la luz.

## **2. Sensoriales**

- Intensidad de color.

## **F. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS Y PRUEBAS DE SIGNIFICANCIA**

- Prueba de Kruskal Wallis para la evaluación sensorial.
- Separación de medias por Duncan ( $P < 0.05$ ), para variables que presenten significancia.
- Análisis de regresión simple entre variables.

## **G. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL**

### **1. De campo**

- Primeramente se partió con la lana lavada y blanqueada,
- Luego se procedió a calentar agua para hacer un lavado previo, para retirar impurezas si lo hubiere y sobre todo retirar el exceso de grasa.

#### **a. Preparación del baño de tinte**

- Antes de comenzar con el teñido de la lana se procedió a utilizar el equipo de protección como: mandil, guantes de goma, mascarilla, etc.
- Luego se seleccionó el amaranto y se retiró el exceso de hojas verdes, que pueden dar otra tonalidad del color.

- Posteriormente se hirvió durante 45 minutos el producto vegetal (amaranto), en agua, para luego dejar enfriar y colar.
- Finalmente se pesó 300 g de materia vegetal (amaranto), por cada kilogramo de lana en 10 litros de agua.

#### **b. teñido**

- Una vez pesado y filtrado el baño se procedió a subir la temperatura del tinte aproximadamente a 60°C y se introdujo el tejido enjuagado durante 30 a 45 minutos.
- Finalmente se dejó secar la lana semi teñida durante 1 hora para luego volver a introducirla en la tina del suero de leche, luego se pesó 5 litros de suero de leche por cada kilogramo de fibra (lana), y se lo dejó durante 45 segundos para obtener una mejor fijación.

#### **c. Enjuagado y secado**

- Luego se sacó del suero y se introdujo la lana en un baño con 5 litros de agua por kilogramo de lana, a temperatura ambiente para retirar el exceso de color de la lana.
- Posteriormente se transportó la lana a un ambiente fresco para realizar su secado. Todo Este procedimiento (El baño del tinte, el teñido, el enjuagado y secado), lo realizamos tres veces para obtener una mejor coloración de la lana.

### **H. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN**

La metodología de evaluación para la prueba sensorial de Intensidad de color se la realizó con la prueba de escala grises, la resistencia al lavado con la prueba de

la gota de agua; la resistencia tensilar con el tensiómetro, la solidez a la luz con la escala de grises.

## **1. Resistencia tensilar**

Para la realización de la prueba de la resistencia tensilar de la lana ovina se basó en los límites que infiere la Norma ASTM1553 (2003), del Comité Europeo de Normalización (CEN), y se realizó el siguiente procedimiento:

- Para la determinación de la resistencia tensilar se utilizó un tensiómetro, que tenía una velocidad uniforme de separación de la mordaza de 100+/-20 mm/min.
- Luego se preparó las mordazas o fragmentos de lana que debían medir por lo menos, 40 mm en dirección de la carga, las cuales fueron diseñadas para que la fuerza ejercida entre las mismas se mantenga constante cuando la probeta se la inmovilizó y se procuro cuidar que el centro de acción se ubique tan cerca como sea posible del centro de la probeta es decir colocada entre las mordazas y en ningún caso estar fuera del mismo y se conectó el aparato de medición.
- Posteriormente se procedió a la lectura de la carga o de la fuerza aplicada que debió localizarse en la parte de la escala que muestre en la calibración lecturas con un error máximo de 1%.

## **2. Solidez al lavado en medio acuoso (IUF 423)**

En este método se especificó un procedimiento para ensayar la aptitud de una muestra de lana para resistir un lavado en condiciones de tipo doméstico. Es un ensayo especialmente indicado para aquellas prendas textiles que contienen pequeños elementos decorativos, y que van a lavarse conjuntamente con los materiales textiles del resto de la prenda. En este ensayo lo más importante es

evaluar la posible descarga de colorante que pueda manchar las otras prendas lavadas en la misma operación, para lo cual se procedió de la siguiente manera.

- En el ensayo de solidez al lavado en medio acuoso los trozos de lana a ensayar se agitaron en unos bombos de cristal junto con unos tejidos normalizados que pudieron ser de algodón, lana y multifibras, formando muestras compuestas y se trataron con una solución neutra de un detergente (5 g/L de lauril sulfato sódico), a  $40 \pm 2$  °C.
- Sucesivamente se enjuagaron, se secaron, se ablandaron ligeramente y se valoraron los cambios de color ocurridos en la lana y en los tejidos de acompañamiento con las respectivas escalas de grises. También se valoraron los posibles cambios en el tacto y se comprueba la estabilidad dimensional de la superficie, cuya variación no debería superar el  $\pm 3$  %.

### **3. Solidez a la luz diurna y artificial**

La acción de la luz solar sobre la lana provoca varios fenómenos que pueden darse simultáneamente. El más notorio es la decoloración producida por la lenta descomposición de los colorantes, fundamentalmente por absorción de radiación ultravioleta. Asimismo, otros componentes y la propia lana pueden dañarse, sufriendo coloraciones, oscureciendo, amarilleando y en definitiva envejeciendo.

La solidez de la lana a la luz se determina según los métodos IUF 401 "Solidez del color de la lana a la luz de día" e IUF 402 "Determinación de la solidez del color de la lana con la luz artificial". Estos ensayos no se diferencian de los que con el mismo fin se realizan a los materiales textiles. Ambos métodos se basan en las normas ISO correspondientes. En la práctica, la medición se realiza por el método de la lámpara de arco de Xenón y el procedimiento a seguir fue:

- La cara a examinar de la lana fue expuesta a la luz de la lámpara de Xenón, filtrada para eliminar la radiación UV de longitud de onda inferior a 310 nm.

- Junto a la probeta se colocó 8 tejidos de lana teñidos con otras tantas tinturas azules estandarizadas que forman la escala de solidez a la luz también conocida como escala de azules.
- La solidez fue evaluada comparando el aclarado sufrido por el color de la lana con el aclarado que en las mismas condiciones de ensayo han experimentado los tejidos azules de lana que actúan como referencia.
- El Xenotest nos permitió realizar el ensayo en condiciones de temperatura y humedad relativa ajustables en un rango muy amplio de valores (40-130 °C y 10-95% HR).

#### **4. Escala de grises**

Para los ensayos de solidez tanto al lavado en medio acuso como a la solidez a la luz diurna o artificial en el que se realizó una valoración del cambio de color sufrido por la lana, para se utilizó la norma IUF 131, que describe una escala de grises basada en las recomendaciones ISO 105-A02 por lo que puede considerarse universal y por ello se puede adquirir en los institutos de normalización de cada país.

- La escala de grises consistió en cinco pares de tiras de color gris, cada uno de ellos representaba una diferencia visual y un contraste y debía tener asignado un número de solidez entre 5 (ningún contraste), y 1 (gran contraste). Los resultados de los ensayos de solidez se expresaron mediante una nota de solidez que indica la magnitud de la decoloración sufrida por la muestra de lana.
- La nota de solidez es el número del par de la escala de grises cuyo contraste le correspondió con el contraste que se observó entre la muestra de la lana original y la muestra una vez terminado el ensayo.
- Si este contraste se encontró entre dos de los valores de la escala, se le asignó a la muestra un valor intermedio, es decir, si está entre 3 y 4 se indicó

como "nota 3-4". La nota 1 indica una pésima solidez y la 5 la máxima solidez, como se indica en grafico 1. La escala que se describe a continuación:

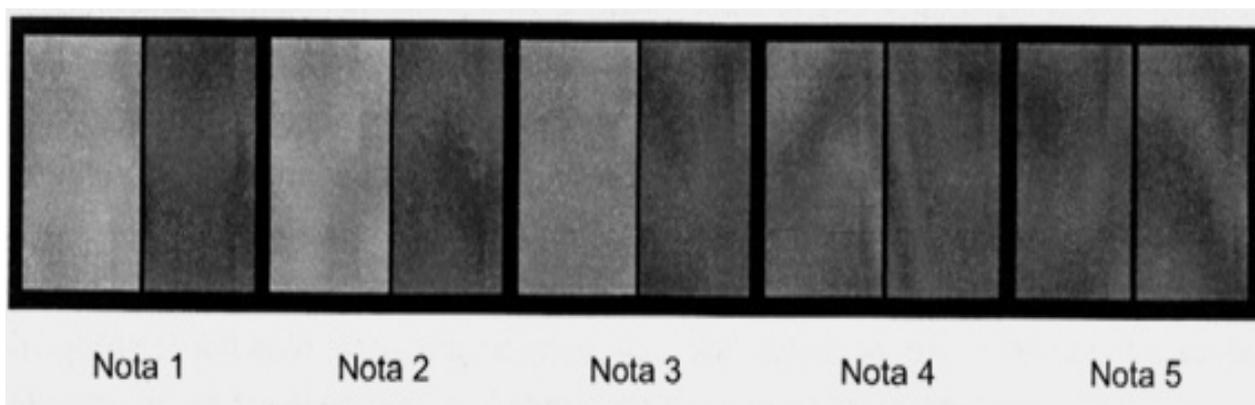


Gráfico 1. Valoración del cambio de color que se expresa mediante una nota que describe una escala de grises.

## 5. Intensidad de color

El análisis completo de la lana fue una tarea difícil y por lo común innecesaria, generalmente es suficiente comprobar que las partidas de lana mantengan características constantes y regulares, lo cual es una garantía de que con su uso el técnico logrará a su vez unos resultados homogéneos y constantes en la calidad de la fibra ovina. Para ello se recurrió a una serie de análisis y ensayos que, establecieron la composición cualitativa, a través del impacto de los sentidos, y mas concretamente de la vista ya que la medida de la intensidad del color de la lana es un intento, que ciertamente se va aceptando con lentitud, de dar una cifra numérica para unas propiedades que siempre se han considerado un valor muy difícil de cuantificar pero, que se facilita al utilizar la escala de grises, para identificar la intensidad de color de la lana por efecto del teñido con colorantes naturales de amaranto.

#### **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

##### **A. EVUALACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA LANA OVINA TINTURADA CON AMARANTO A DIFERENTES NIVELES DE pH UTILIZANDO SUERO DE LECHE**

###### **1. Resistencia tensilar, (mm)**

Los valores medios obtenidos de la resistencia tensilar de la lana ovina teñida con amaranto registró diferencias altamente significativas ( $P < 0.001$ ), por efecto de los diferentes valores de pH utilizando suero de leche, presentándose las mejores respuestas en el tratamiento T1 (pH de 4), con 4.31 mm, y las más bajas en el tratamiento T3 (pH 5), con 3.06 mm, en tanto que valores intermedios fueron registrados en el tratamiento T2 (pH 4.5), con 3.49 mm, como se puede observar en el cuadro 7 y gráfico 2. Los reportes antes anotados al compararlos con los límites referenciales de la norma ASTM1553 (2003), del Comité Europeo de Normalización (CEN), que infiere como mínimo permitido 3 mm, podemos ver que en los tres tratamientos se supera ampliamente esta inferencia.

Es decir que, a menor pH la resistencia tensilar se incrementa, lo que puede deberse a lo manifestado por Soler, J. (2004), quien indica que la lana está formada por diferentes capas compuestas por células muertas formadas principalmente por queratina, que es una proteína resistente a productos ácidos y que tiene un alto contenido de cistina, que es un aminoácido que posee la capacidad de generar enlaces cruzados entre la proteína y los enlaces intermoleculares de bisulfuro. Un alto contenido de cistina corresponde a alto contenido de enlaces cruzados de bisulfuros, lo que permite que la lana regrese a su largo natural, luego de estirarse, dentro de ciertos límites, ya que llega un momento en que, al romperse los enlaces químicos, la lana que no vuelve a su largo original, además la elasticidad de la lana es debida a la estructura helicoidal de sus moléculas.

Cuadro 7. EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA LANA OVINA TINTURADA CON AMARANTO A DIFERENTES NIVELES DE pH UTILIZANDO SUERO DE LECHE.

Tratamiento	pH DEL BAÑO			CV	$\bar{x}$	Prob.	Sign.
	T1	T2	T3				
pH	4	4.5	5				
Resistencia Tensilar, (mm).	4,31 a	3,49 b	3,06 c	5,16	3,62	0,001	**
Solidez al lavado medio acuoso, (nota).	4,63 a	4,13 a	1,88 b	19,12	3,54	0,003	**
Solidez a la luz diurna, (nota).	4,75 a	3,63 b	2,63 c	14,37	3,67	0,002	**
Solidez a la luz artificial, (nota).	4,63 a	3,38 b	2,50 c	15,06	3,50	0,001	**

Fuente: Cárdenas, J. (2010).

CV: Coeficiente de variación.

$\bar{x}$  : Media general.

Prob: Probabilidad.

Sign: Significancia.

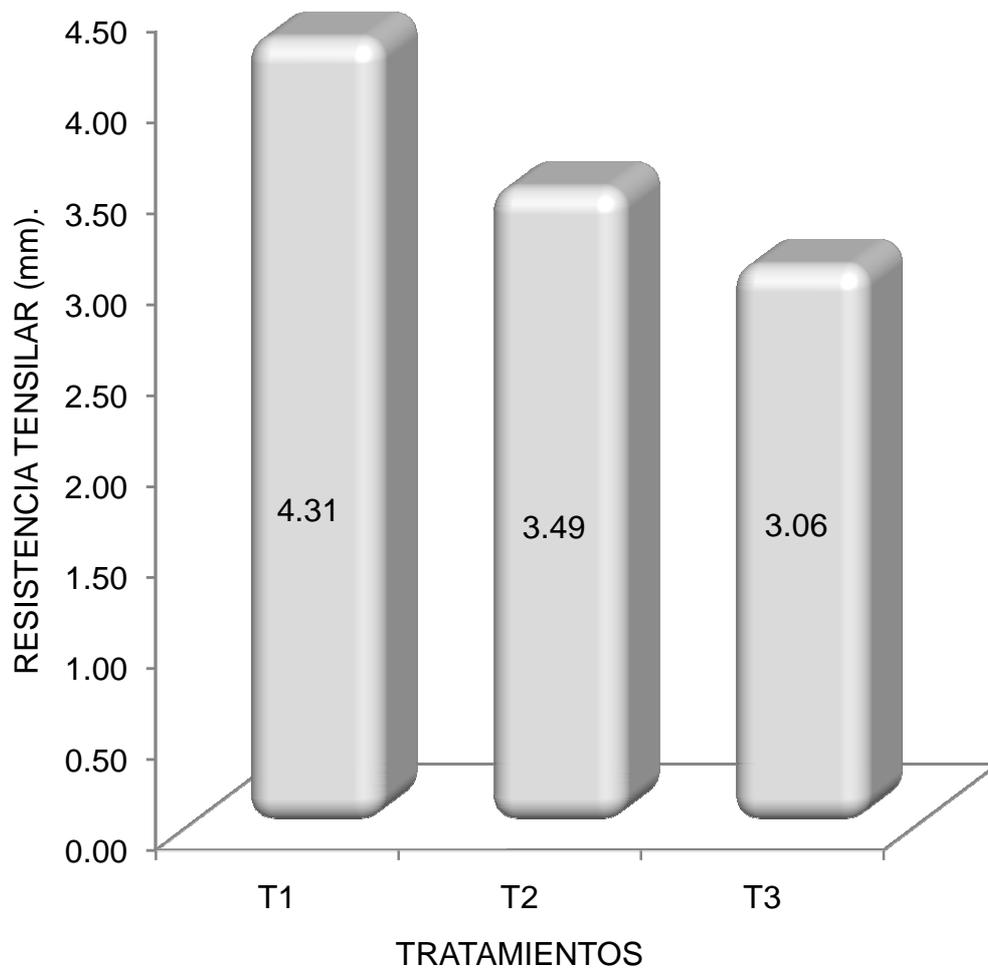


Gráfico 2. Comportamiento de la resistencia tensilar de la lana ovina teñida con amaranto a diferentes niveles de pH utilizando suero de leche.

En el análisis del efecto de los ensayos (Factor B), sobre la resistencia tensilar de la lana ovina, no se registran diferencias estadísticas ( $P < 0.13$ ), como se indica en el cuadro 8. Únicamente se observa una cierta superioridad numérica en el producto del primer ensayo con 3.65 mm, en comparación del segundo ensayo que registró medias de 3.59 mm. Lo que puede deberse a la calidad de la lana que posiblemente para el primer caso fue de mejor calidad y a pureza del colorante natural que fue extraído del amaranto que como se indica en <http://www.amaranto.gov.htm>. (2008), es una planta que presenta una gran versatilidad, pudiéndose utilizar en la preparación de diversos alimentos y tiene, además, un prometedor potencial en la industria alimenticia, en elaboración de cosméticos, en colorantes y hasta para producir plásticos biodegradables; además, se puede aprovechar de múltiples formas, como grano, como verdura o como forraje.

Los valores medios de la resistencia tensilar por efecto de la interacción entre los diferentes valores de pH y los ensayos consecutivos, como se reporta en el cuadro 9., y gráfico 3. Registran diferencias estadísticamente significativas, ( $P < 0.04$ ), entre sí, observándose los mejores valores en el producto del tratamiento T1 tanto del primero como del segundo ensayo con 4.23 y 4.40 mm, mientras que los valores más bajos fueron registrados con la aplicación de pH 5 (T3), en el primero como en el segundo ensayo con 2.75 y 2.50 mm, respectivamente, en tanto que valores intermedios de resistencia tensilar reportaron el tratamiento T2 en el primero como en el segundo ensayo con 3.50 y 3.25 mm, en su orden.

En el análisis de la interacción de la resistencia tensilar se mantiene un comportamiento similar que para el efecto presentado por el Factor A (pH del baño), es decir que a medida que se eleva el pH con el suero de leche la resistencia tensilar disminuye, lo que puede deberse a lo manifestado por <http://wwwamaranto.com>. (2010), que indica que la unión fibra colorante se produce por diversos tipos de enlaces entre los grupos sulfónicos del colorante y los grupos amínicos de la queratina de la lana, con lo que es posible la formación de una unión compleja y fuerte en forma helicoidal entre el colorante y la cadena

Cuadro 8. EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA LANA OVINA TINTURADA CON AMARANTO A DIFERENTES NIVELES DE pH UTILIZANDO SUERO DE LECHE POR EFECTO DE LOS ENSAYOS.

	Ensayos		Sx	$\bar{x}$	Prob	Sign
	E1	E2				
Resistencia tensilar, (mm).	3,59 a	3,65 a	0,07	3,62	0,13	ns
Solidez al lavado medio acuoso, (nota).	3,67 a	3,42 a	0,24	3,54	0,56	ns
Solidez a la luz diurna, (nota).	3,75 a	3,58 a	0,19	3,67	0,87	ns
Solidez a la luz artificial, (nota).	3,67 a	3,33 a	0,19	3,50	0,42	ns

Fuente: Cárdenas, J. (2010).

Cuadro 9. EVUALACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA LANA OVINA TINTURADA CON AMARANTO A DIFERENTES NIVELES DE pH POR EFECTO DE LA INTERACCION DEL FACTOS A\*B.

	TRATAMIENTOS * ENSAYOS						Sx	$\bar{x}$	Prob	Sig.
	T1E1	T1E2	T2E1	T2E2	T3E1	T3E2				
Resistencia tensilar, (mm).	4,23 a	4,40 a	3,50 b	3,48 bc	3,05 d	3,08 cd	0,09	3,62	0,04	*
Solidez al lavado medio acuoso, (nota)	4,75 a	4,50 a	4,00 a	4,25 a	2,25 b	1,50 b	0,34	3,54	0,004	*
Solidez a la luz diurna, (nota).	4,75 a	4,75 a	3,75 ab	3,50 bc	2,75 bc	2,50 c	0,26	3,67	0,003	**
Solidez a la luz artificial, (nota).	4,75 a	4,50 a	3,50 ab	3,25 bc	2,75 bc	2,25 c	0,26	3,50	0,0002	**

Fuente: Cárdenas, J. (2010).

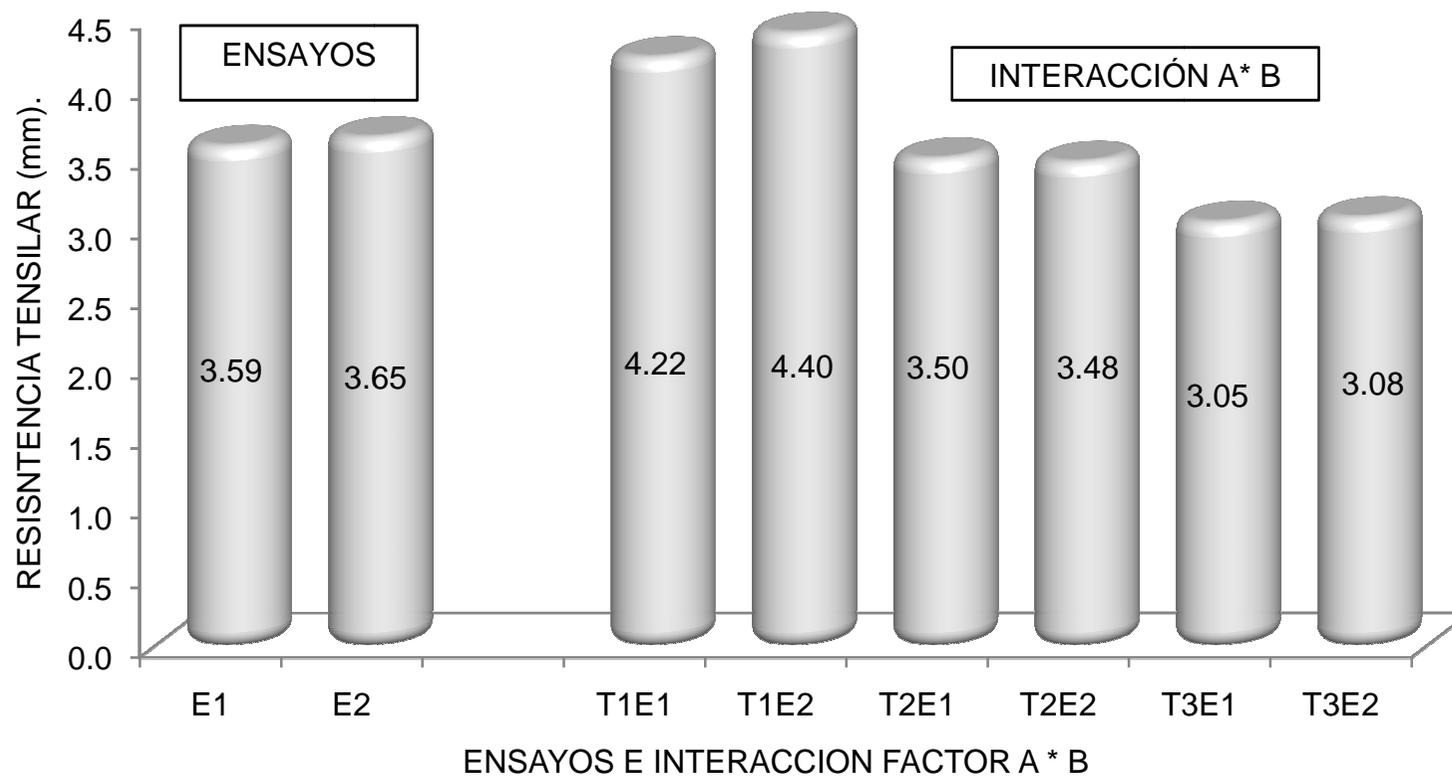


Gráfico 3. Comportamiento de la resistencia tensilar de la lana ovina teñida con amaranto a diferentes niveles de pH utilizando suero de leche, por efecto de los ensayos y de la interacción de los Factores A\*B.

queratinosa de la fibra, esta unión se ve más fortificada con la presencia de colorantes naturales, los cuales son pobres en elementos alcalinos dando como resultado una lana con alta resistencia tensilar, lo que se evidencia con la ausencia de fisuras o grietas más o menos grandes en la superficie, al aplicar una fuerza externa sobre las haces de la queratina, que le permite tener la habilidad de retener la forma de las vestimentas, y mantener la elasticidad de las alfombras.

Mediante el análisis de regresión se observa una dependencia del 76.54 % para la resistencia tensilar por efecto del pH del baño en la tintura de la lana ovina, con una ecuación para Resistencia tensilar =  $4,41 - 0,079x$  con tendencia lineal, cuya parábola determina que por cada unidad porcentual que aumente el pH en la tinción de lana ovina, se espera una disminución significativa equivalente a 0.079, hasta un pH de 4.5, como se puede ver en el gráfico 4.

## **2. Solidez al lavado en medio acuoso, (nota)**

Las medias de la solidez al lavado en medio acuoso, registraron diferencias altamente significativas ( $P < 0.003$ ), por efecto del suero de leche en el pH del baño de tintura de lana con amaranto. Presentándose los mejores resultados al utilizar suero de leche con pH de 4 en el baño, cuyos valores fueron de 4.63 puntos en la escala de grises que infieren de acuerdo; a la Norma IUF 423, sobre la nota de 5 como la más alta, seguida de las lanas del tratamiento T2 a un pH de 4.5 con 4.13 puntos y por último los valores más bajo fueron reportados por las lanas del tratamiento T3 a un pH de 5 con una calificación de 1.88, lo que indica que a medida que se eleva el pH del baño al utilizar el suero de leche, la resistencia al lavado en medio acuoso decrece; es decir, que existe menor fijación del colorante en la fibra de la lana ovina. Lo que puede deberse a lo que indica Sharapin, N. (2000), que todas las fibras naturales absorben la humedad de la atmósfera y, entre ellas, la lana es la que lo realiza en mayor proporción; la lana es higroscópica, es decir que absorbe vapor de agua en una atmósfera húmeda y lo pierde en una seca, en tanto que los colorantes tienen una elevada carga eléctrica positiva y atraerá a las cargas eléctricas negativas, presentes en mayor cantidad a valores de pH bajos; es decir que, a menor pH del baño mayor

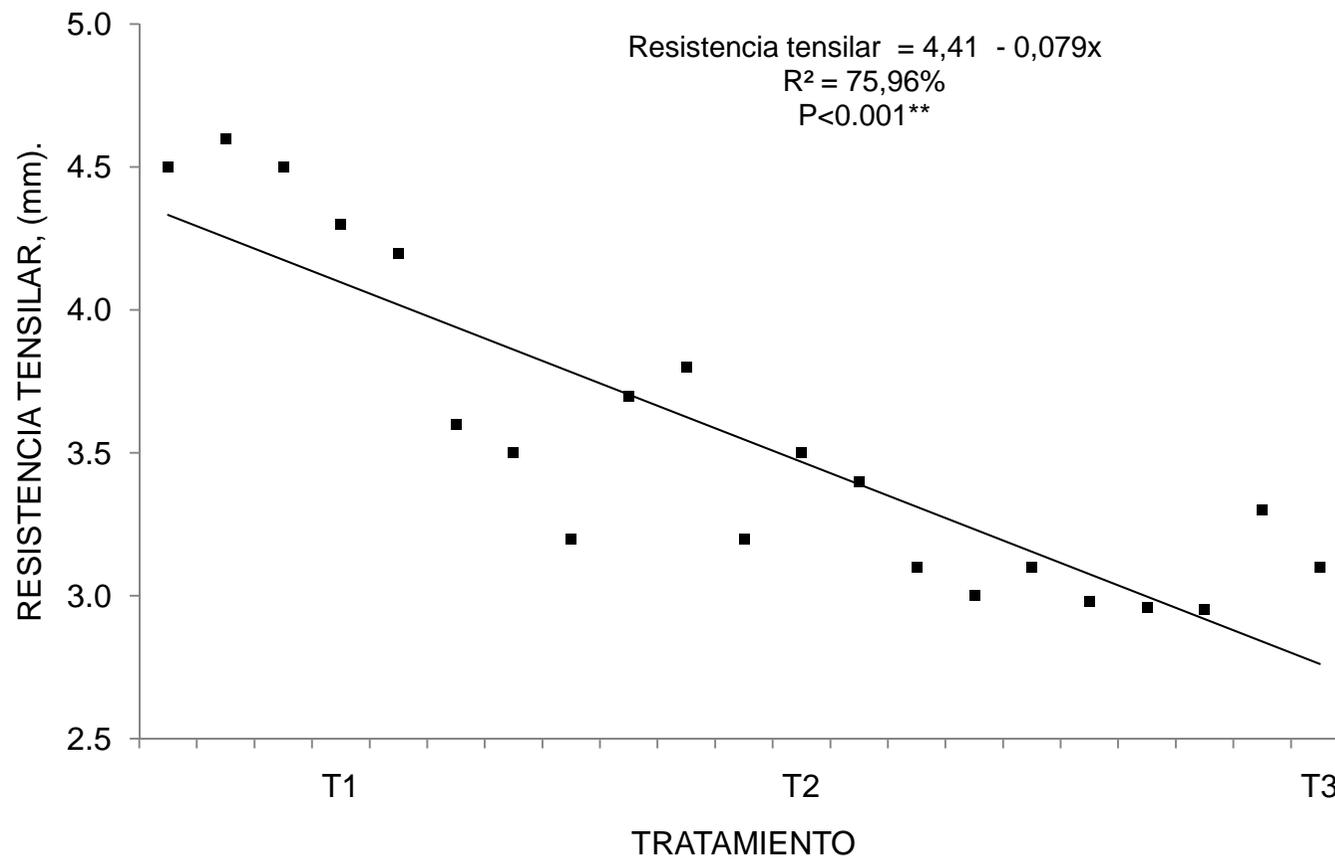


Gráfico 4. Análisis de regresión de la resistencia tensilar de la lana ovina teñida con amaranto a diferentes niveles de pH utilizando suero de leche.

atracción y enlace eléctrico entre el colorante amaranto y la proteína queratina de la fibra de la lana por lo que para que un colorante sea útil, debe ser capaz de unirse fuertemente a la fibra de la lana ovina y por lavado ya sea con agua o detergentes no debe perder su color.

El efecto que presentan los ensayos consecutivos sobre la solidez al lavado en medio acuoso de la lana ovina teñido con un baño a diferentes pH, no registró diferencias estadísticas ( $P < 0.56$ ), entre medias, únicamente se presentó una superioridad numérica hacia el producto del primer ensayo con 3.67 puntos en la escala de grises, en tanto que en el segundo ensayo la nota alcanzada fue de 3.42, lo que indica que el pH no influye sobre la evaluación de resistencia al lavado de la lana ovina ya que como menciona <http://www.amaranto.gov>. (2010), el amaranto posee un elevado e inusual contenido de proteínas: 18% frente al 12% promedio de los cereales, el 59% es almidón de fácil digestión y asimilación, igualmente presenta adecuadas cantidades de triptófano y aminoácidos sulfúricos, ausentes en otros vegetales, que al reaccionar con el pH del medio ácido del suero de leche que forma el baño de teñido no provoca cambios en la carga electrostática de la queratina de la fibra de la lana, más bien permite el medio óptimo para la fijación del colorante natural, (amaranto).

En el análisis de la variable de solidez al lavado en medio acuoso las diferencias registradas fueron altamente significativas ( $P < 0.004$ ), entre medias por efecto de la interacción entre los Factores A y B, presentando los valores más altos el tratamiento T1 (pH 4), tanto del primero como del segundo ensayo con 4.75 y 4.50 notas, en su orden y las puntuaciones más bajas en la escala de grises, el tratamiento T3 (pH 5), en el primero y segundo ensayo con 2.75 y 2.50 puntos respectivamente, como se ilustra en el gráfico 5. Determinándose que a mayor pH del baño del teñido la resistencia al lavado se reduce lo que puede reflejarse en una migración del colorante natural del amaranto cuando la lana es sometida a la acción del lavado, debiendo tomarse en cuenta que el modelo ideal de la lana en su comportamiento frente a la humedad sería el de un material que sin malograrse su preciada propiedad de ser permeable al vapor de agua fuera al mismo tiempo impermeable al agua, para evitar la pérdida de la tinción.

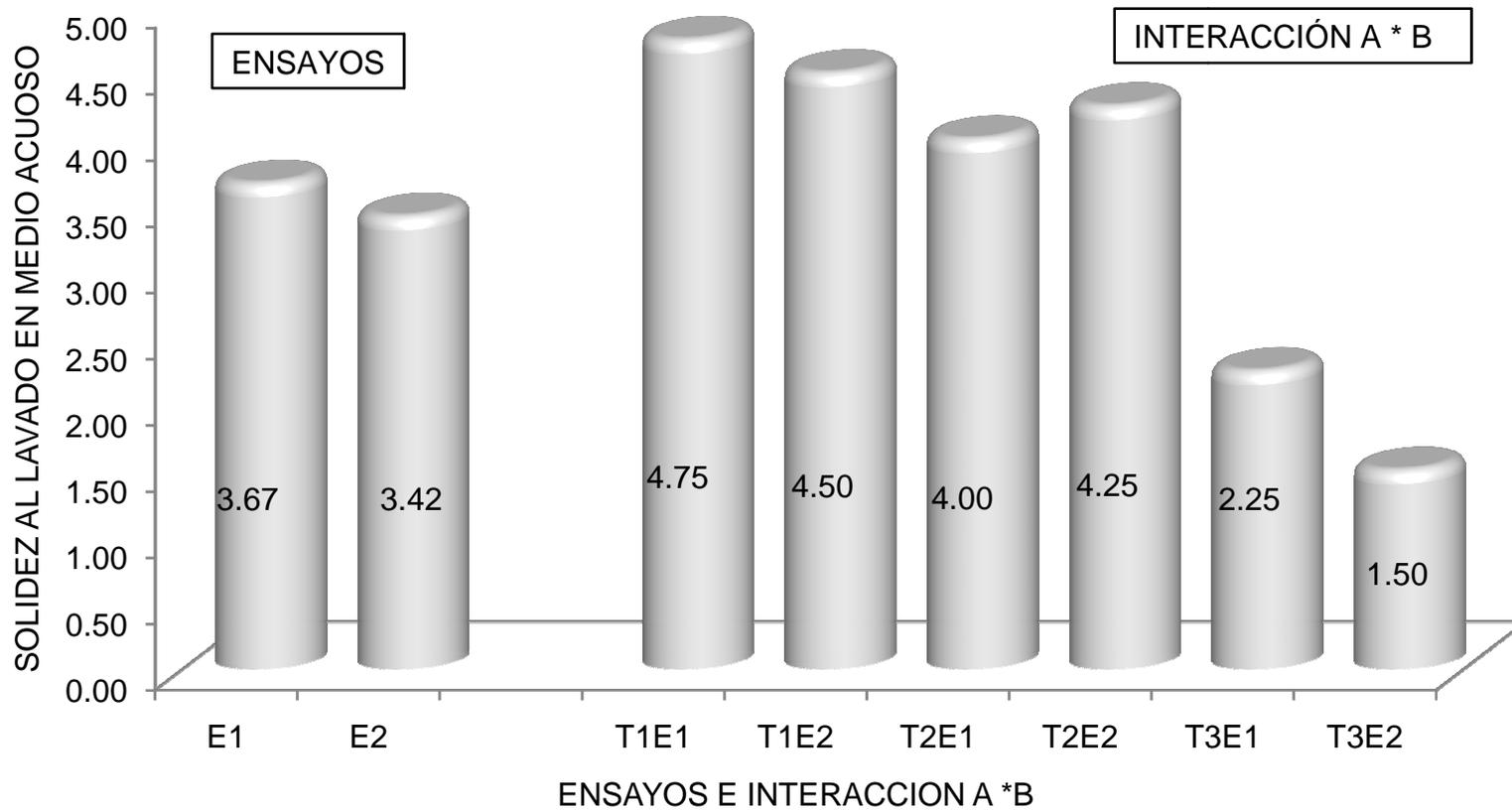


Gráfico 5. Comportamiento de la solidez al lavado en medio acuoso de la lana ovina teñida con amaranto a diferentes niveles de pH utilizando suero de leche, por efecto de los ensayos y de la interacción de los Factores A\*B.

En el análisis de regresión, que se ilustra en el gráfico 6. Se puede determinar una tendencia lineal altamente significativa con una ecuación para solidez al lavado en medio acuoso de  $5.47 - 0.15X$ , que indica que por cada nivel de elevación del pH del baño de teñido la solidez al lavado en medio acuoso disminuye en 0.15 decimas, con un coeficiente de determinación  $R^2$  de 62.32% por parte del pH de fijación en tanto que el 37.68% restante depende de otros factores no considerados en la presente investigación que tendrían que ver principalmente con el método de tintura y las características físicas de la lana, que influyeron sobre la fijación del colorante de amaranto sobre la queratina de la lana.

### **3. Solidez a la luz diurna, (nota)**

En el análisis de la solidez a la luz diurna, se registraron diferencias altamente significativas, ( $P < 0.02$ ), entre si, por efecto del pH del baño utilizando suero de leche, registrándose los valores más altos de la experimentación en el tratamiento T1 con 4.75 puntos seguida del tratamiento T2 con 3.63 puntos, en comparación del tratamiento T3 con 2.63 puntos, sobre 5 puntos de referencia en la escala de grises, como se ilustra en el gráfico 7. Cumpliéndose, una tendencia similar a las variables antes mencionadas; es decir que, a medida que se incrementa el pH del baño de tintura la solidez a la luz diurna disminuye. Los valores antes mencionados al ser cotejados con las exigencias de calidad del Comité Europeo de Normalización (CEN), que en la norma IUF 401 infiere valores de 5 notas en la escala de grises para considerar fibras con muy buena solidez y que notas intermedias son indicativos de calidad que va entre buena a deficiente cuando presentan la nota 1, podemos ver que en los tratamientos T1 y T2 se acercan a la nota más alta.

Lo que puede deberse a lo manifestado por Saheb, D. (1999), quien indica que el cambio más notorio después de la tintura es la decoloración producida por la lenta descomposición de los colorantes, fundamentalmente por absorción de radiación ultravioleta. Asimismo, existen otros componentes que toma en cuenta la norma

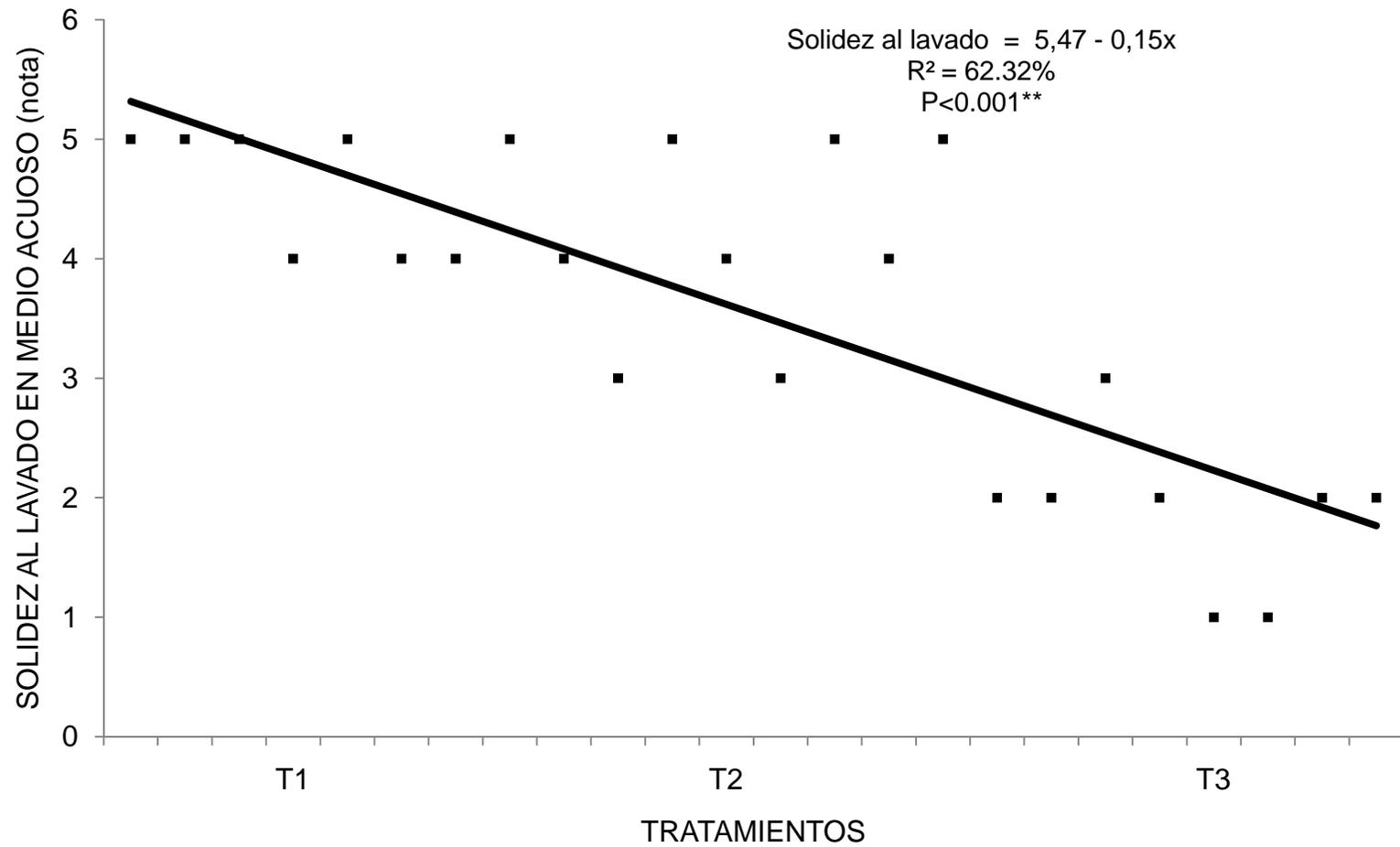


Gráfico 6. Análisis de regresión de la solidez al lavado en medio acuoso de la lana ovina teñida con amaranto a diferentes niveles de pH utilizando suero de leche.

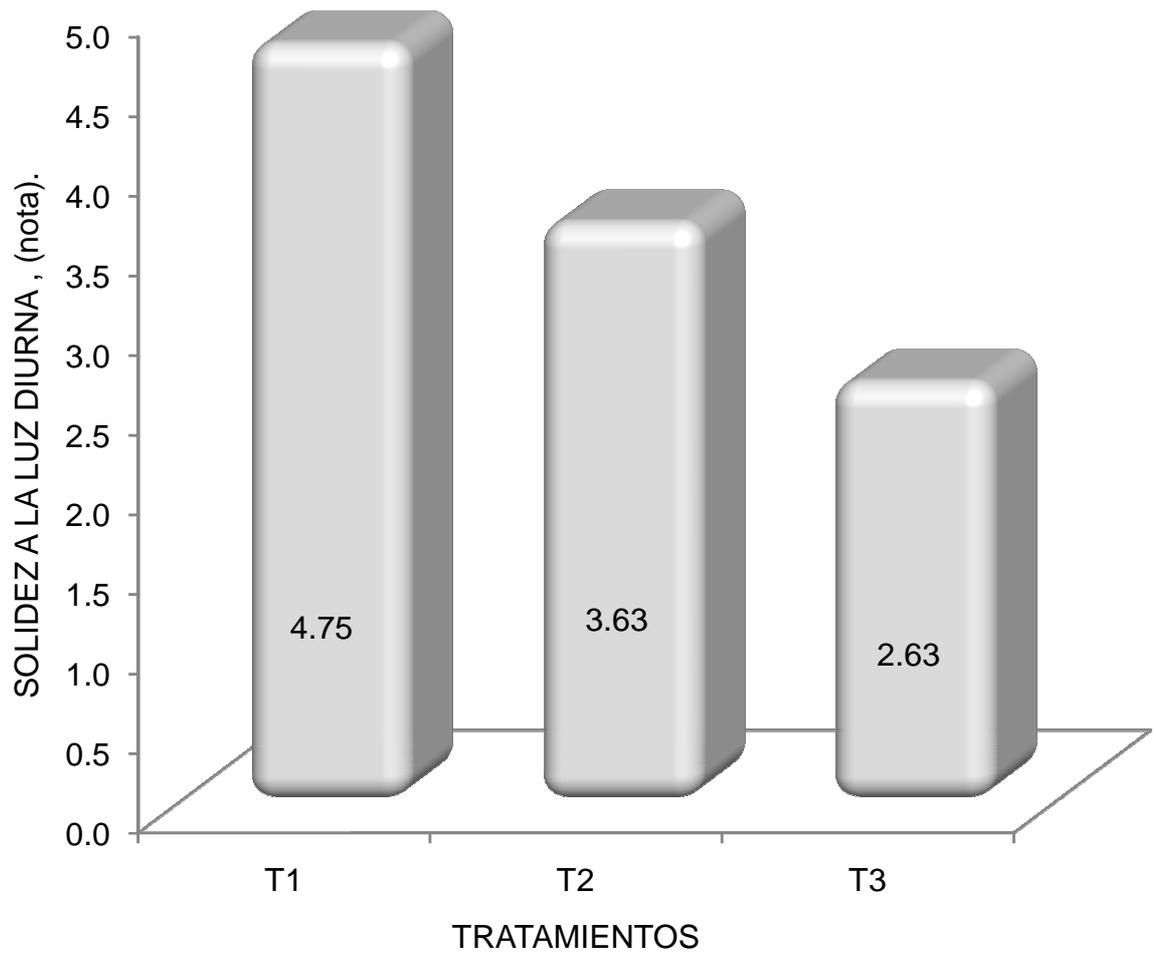


Gráfico 7. Comportamiento de la solidez a la luz diurna de la lana ovina teñida con amaranto a diferentes niveles de pH utilizando suero de leche, por efecto del Factor A.

antes mencionada, como son: cambio de coloraciones, oscurecimiento, amarillamiento y en definitiva envejecimiento para considerar un material que soporta fuertemente el deterioro por efecto de los rayos ultravioletas. Los resultados reportados sobre la solidez a la luz diurna de la lana teñida con Amaranto en la presente investigación confirman lo manifestado por Fond, J. (2003), quien indica que la pérdida de color en la lana tinturada viene condicionada en primer término por la solidez de los colorantes; como también, debe tenerse en cuenta que la solidez a la luz aumenta con el grado de fijación del colorante, y se alcanza una mejora importante con el uso de productos absorbentes de la radiación UV<sup>90</sup>.

Al realizar el análisis de la solidez a la luz diurna por efecto de los ensayos, en la tintura de la lana ovina, no se registraron diferencias estadísticas ( $P < 0.87$ ), entre medias, pese a esto numéricamente se presenta superioridad en la lana del primer ensayo que reportó una puntuación de 3.75 puntos en la escala de grises en comparación de la lana del segundo ensayo que presentó medias de 3.58 puntos en la mencionada escala.

Al evaluar la solidez a la luz diurna por efecto de la interacción del pH del baño (Factor A), con los ensayos (Factor B), se registró diferencias altamente significativas ( $P < 0.003$ ), entre medias, reportándose los valores más altos al trabajar con un pH de 4 (T1), en el primero y segundo ensayo con 4.75 puntos, en tanto que los valores más bajos fueron registrados con un pH de 5 Y(T3), en el primero y segundo ensayo cuyos resultados fueron de 2.75 y 2.50 puntos respectivamente en la escala de grises, mientras que valores intermedios fueron observados con un pH de 4.5 (T2), en el primero y segundo ensayo con 3.75 y 3.50 puntos respectivamente, como se ilustra en el gráfico 8. Lo que nos permite establecer que a mayores pH del baño de tintura con la utilización del suero de leche la solidez a la luz diurna desciende, es decir que la lana ovina tiende a decolorarse por efecto de la radiación UV<sup>90</sup>, llegando inclusive a perder fácilmente el color que ha obtenido después del proceso de tintura con colorante de amaranto, lo que desmejora la calidad del producto que va a ser elaborado, como puede ser sacos, cobijas, ruanas, cobijas, guantes, medias entre otras.

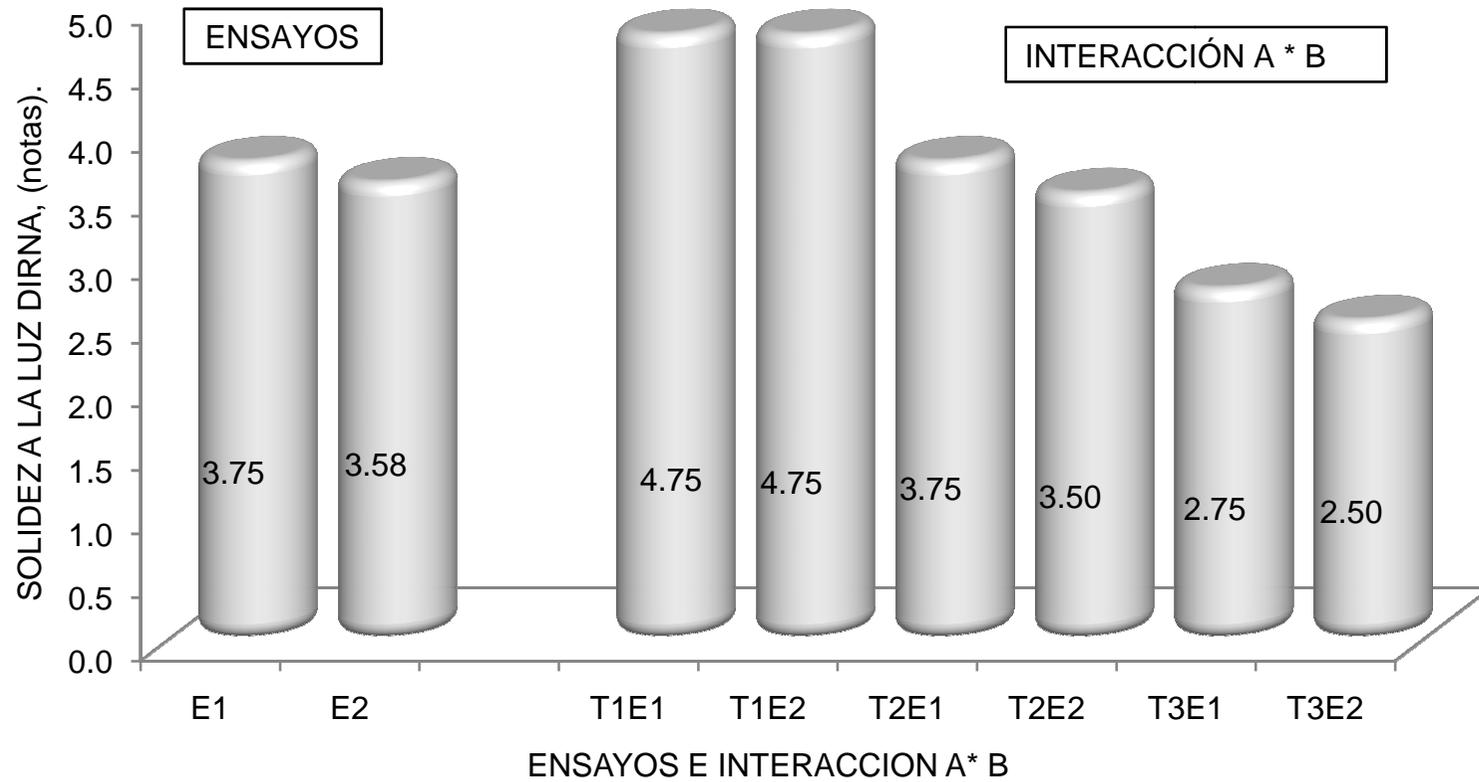


Gráfico 8. Comportamiento de la solidez a la luz diurna de la lana ovina teñida con amaranto a diferentes niveles de pH utilizando suero de leche, por efecto de los ensayos y de la interacción de los Factores A\*B.

En el gráfico 9, podemos verificar una línea de tendencia cuadrática en la que la ecuación presentada para la Solidez a la luz diurna es  $= 5,36 - 0,23x + 0,005x^2$ , que define inicialmente una tendencia a disminuir en 0.23 decimas, a partir del intercepto que es de 5.36 cuando se emplea un pH de 4, que posteriormente sufre un ligero incremento de 0.005 con el empleo de valores mayores de pH (5), en el baño de tintura con amaranto. El coeficiente de determinación nos permite inferir que existe una asociación del 72.58% por parte del Factor A (pH), sobre los resultados de la solidez a la luz diurna en tanto que el 27.42% restante depende de otros factores no considerados en la presente investigación.

#### **4. Solidez la luz artificial, (nota)**

Los valores medios obtenidos en la valoración de la solidez a la luz artificial por efecto de la tintura con amaranto a diferentes niveles de pH de baño con suero de leche, registraron diferencias altamente significativas entre sí, reportándose las medias más altas de la investigación en el tratamiento T1 con 4.63 puntos , seguida del tratamiento T2 con 3.38 puntos, mientras que las calificaciones más bajas en la escala de grises fueron registradas en el tratamiento T3 con 2.50 puntos sobre 5 puntos de referencia; como se ilustra en el gráfico 10. Repitiéndose la tendencia de las variables antes discutidas; es decir que, a medida que se eleva el pH del baño de tintura la solidez a la luz artificial decrece. Los valores antes mencionados al ser comparados con las exigencias de calidad del Comité Europeo de Normalización en la norma IUF 402 infieren valores de 5 notas en la escala de grises.

De la misma manera como en la norma IUF 401, existen otros componentes que intervienen en el análisis de la norma IUF 402, como son: cambio de coloraciones, oscurecimiento, amarillamiento y en definitiva envejecimiento de la fibra, para considerar un material que soporta fuertemente el deterioro por efecto en este caso de la lámpara de arco de Xenón. Los resultados reportados sobre la solidez a la luz artificial de la lana ovina teñida con Amaranto también confirman lo manifestado por Fond, J. (2003), quien indica que la pérdida de color en la lana tinturada viene condicionada en primer término por la solidez de los colorantes;

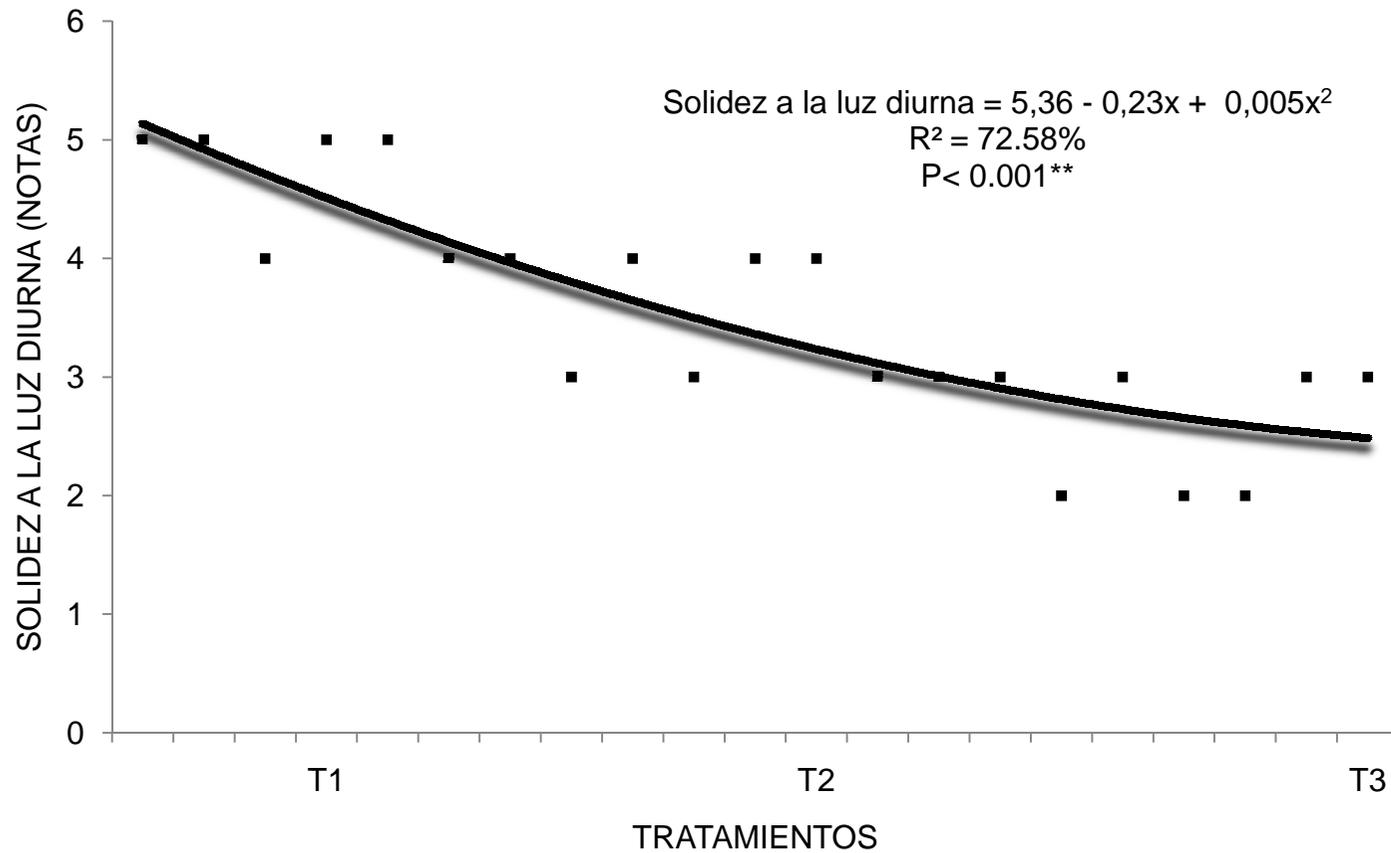


Gráfico 9. Análisis de regresión de la solidez a la luz diurna de la lana ovina teñida con amaranto a diferentes niveles de pH utilizando suero de leche.

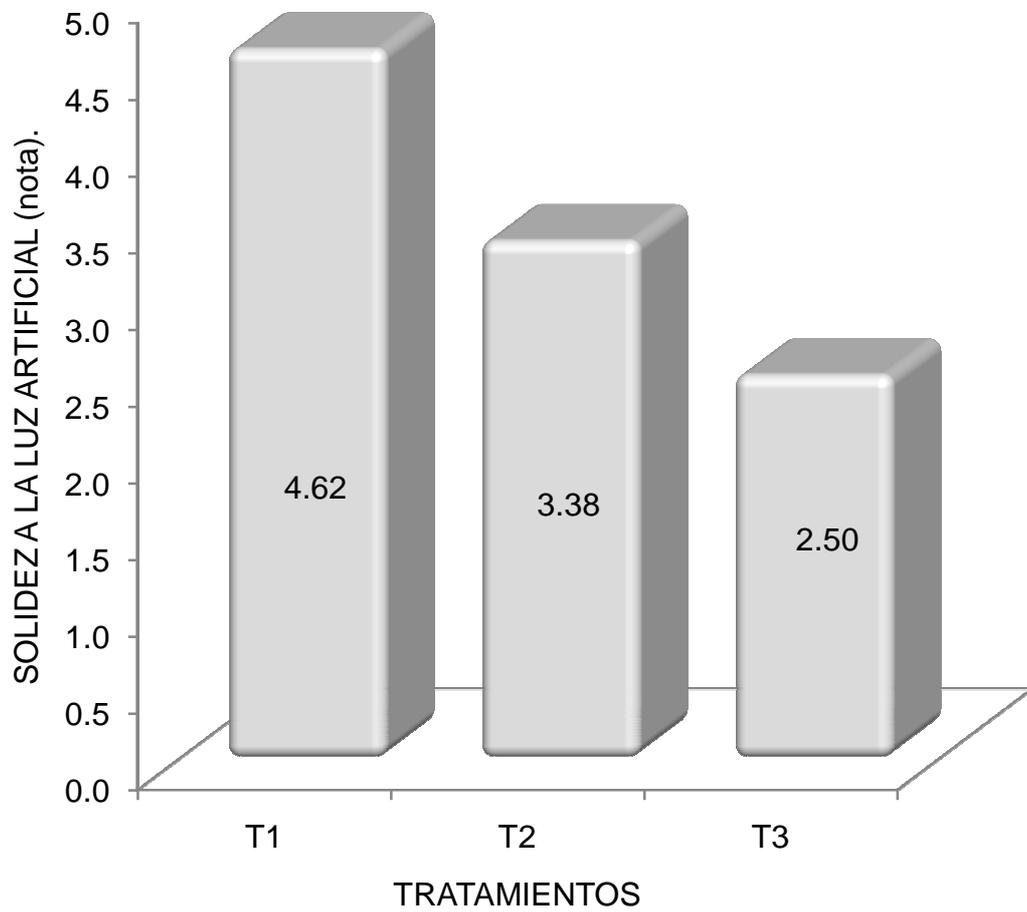


Gráfico 10. Comportamiento de la solidez a la luz artificial de la lana ovina teñida con amaranto a diferentes niveles de pH utilizando suero de leche, por efecto del Factor A.

como también, debe tenerse en cuenta que la solidez a la luz aumenta con el grado de fijación del colorante, y se alcanza una mejora importante con el uso de productos absorbentes de la luz emitida por la lámpara de Xenón, que impiden que la fibra de la lana rompa los puentes de unión con el colorante y se produzca la decoloración acelerada de la lana, que tiene un efecto de envejecimiento prematuro de la prenda confeccionada pero en forma heterogénea.

El análisis de varianza de la solidez a la luz artificial por efecto del Factor B (ensayos), no registro diferencias estadísticas ( $P < 0.42$ ), entre medias, aunque numéricamente se reporta una superioridad numérica en la lana del primer ensayo con 3.67 puntos y que no difiere según Duncan de la lana del segundo ensayo que infiere valores medios de 3.33 puntos en la escala de grises, como se ilustra en el gráfico 11. Que nos permite determinar que en el primer ensayo la lana presentó una mejor estructura de la proteína que le permitió resistir mejor a los efectos de la luz procedente de la lámpara de Xenón que es el equipo que simula las radiaciones a la que se verá sometida la lana en el uso diario.

La solidez a la luz artificial de la lana ovina teñida con amaranto por efecto de la interacción entre el pH del baño (Factor A), y los ensayos (Factor B), registraron diferencias altamente significativas ( $P < 0.0002$ ), entre medias, presentándose las mejores solidezces en la lana del tratamiento T3 (pH 4.5), con medias de 4.75 y 4.50 puntos para el primero y segundo ensayo respectivamente, la que disminuye en las respuestas del tratamiento T2 en el primero y segundo ensayo con 3.50 y 3.25 puntos en su orden, en tanto que las respuestas más bajas fueron reportadas en el tratamiento T3 en los dos ensayos realizados con 2.75 y 2.25 puntos en la escala de grises, lo que nos permite afirmar que a medida que se incrementa el pH del baño de teñido con amaranto la solidez a la luz artificial disminuye gradualmente.

Por el análisis de la regresión se identifica una ecuación con tendencia lineal, como se ilustra en el gráfico 12. Cuya parábola es de Solidez a la luz artificial =  $4,75 - 0,13x$ , que determina que por cada unidad porcentual que aumente el

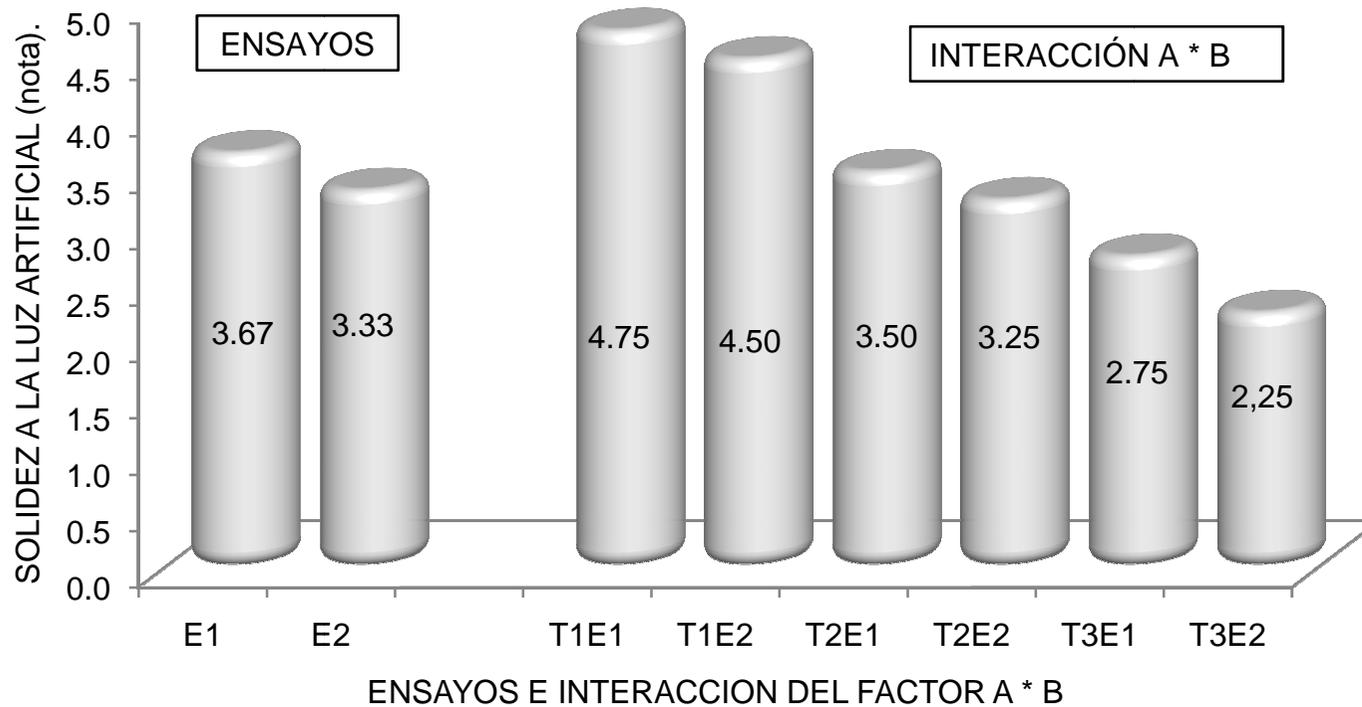


Gráfico 11. Comportamiento de la solidez a la luz artificial de la lana ovina teñida con amaranto a diferentes niveles de pH utilizando suero de leche, por efecto de los ensayos y de la interacción de los Factores A\*B.



nivel de pH, del baño utilizando suero de leche en la tintura con amaranto de la lana ovina, se proyecta una disminución significativa de la solidez a la luz artificial equivalente a 0.13 decimas. Con un coeficiente de determinación  $R^2$  de 68.19%.

## **B. EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS SENSORIALES DE LA LANA OVINA TINTURADA CON AMARANTO A DIFERENTES NIVELES DE pH UTILIZANDO SUERO DE LECHE**

### **1. Intensidad de color**

Al analizar la intensidad de color de la lana ovina teñida con amaranto, se registraron diferencias altamente significativas ( $P < 0.001$ ), por efecto de los diferentes valores de pH del baño utilizando suero de leche, reportándose los mayores valores en el tratamiento T1 (pH 4), con una calificación de 5 puntos, en comparación de la lana ovina del tratamiento T3 (pH 5), que fueron los que menor intensidad de color con una calificación de 1.75 puntos, en tanto que valores intermedios lo reportaron la lana del tratamiento T2 (pH 4.5), con medias de 3.50 puntos sobre los 5 puntos de referencia (cuadro 10 y gráfico 13), que nos permite estimar que a menor valor de pH, la intensidad del color se eleva.

Lo que se debe a lo manifestado por <http://www.textiles.com>.(2010), en donde se indica que los enlaces electrónicos de la lana reaccionan rápidamente con los colorantes a pH bajo, lo cual permite que el colorante se ubique solo en la superficie de la lana elevando la intensidad de color, pero disminuyendo la igualación y penetración del colorante al interior de la fibra lanar. Además se ratifica lo expuesto por Rivera, A. (1994), quien expresa que con tintes naturales se logran colores que aumentan la calidad y belleza natural de los tejidos. Corta la dependencia de anilinas químicas de alto costo, de colores muy fuertes y nocivos para la salud.

En el análisis de la intensidad del color de la lana ovina no se registraron diferencias estadísticas ( $P < 0.59$ ), entre medias por efecto del Factor B (ensayos),

Cuadro 10. EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS SENSORIALES DE LA LANA OVINA TINTURADA CON AMARANTO A DIFERENTES NIVELES DE pH UTILIZANDO SUERO DE LECHE POR EFECTO DEL FACTOR A, B E INTERACCIÓN A\*B.

VARIABLES	NIVELES DE pH			CV	$\bar{x}$	Prob.	Sign.
	4	4.5	5				
Tratamiento	T1	T2	T3				
Intensidad de color, (puntos).	5,00 a	3,50 b	1,75c	12,91	3,42	0.005	**

VARIABLES	ENSAYOS		$\bar{x}$	SX	Prob.	Sign.
	E1	E2				
Intensidad de color, (puntos).	3,42 a	3,42 a	3.42	0,16	0.59	ns

VARIABLES	INTERACCIÓN						$\bar{x}$	SX	Prob.	Sign.
	T1E1	T1E2	T2E1	T2E2	T3E1	T3E2				
Intensidad de color, (puntos).	5,00 a	5,00 a	3,50 b	3,50 b	1,75 c	1.75 c	3.42	0,22	0.007	**

Fuente: Cárdenas, J. (2010).

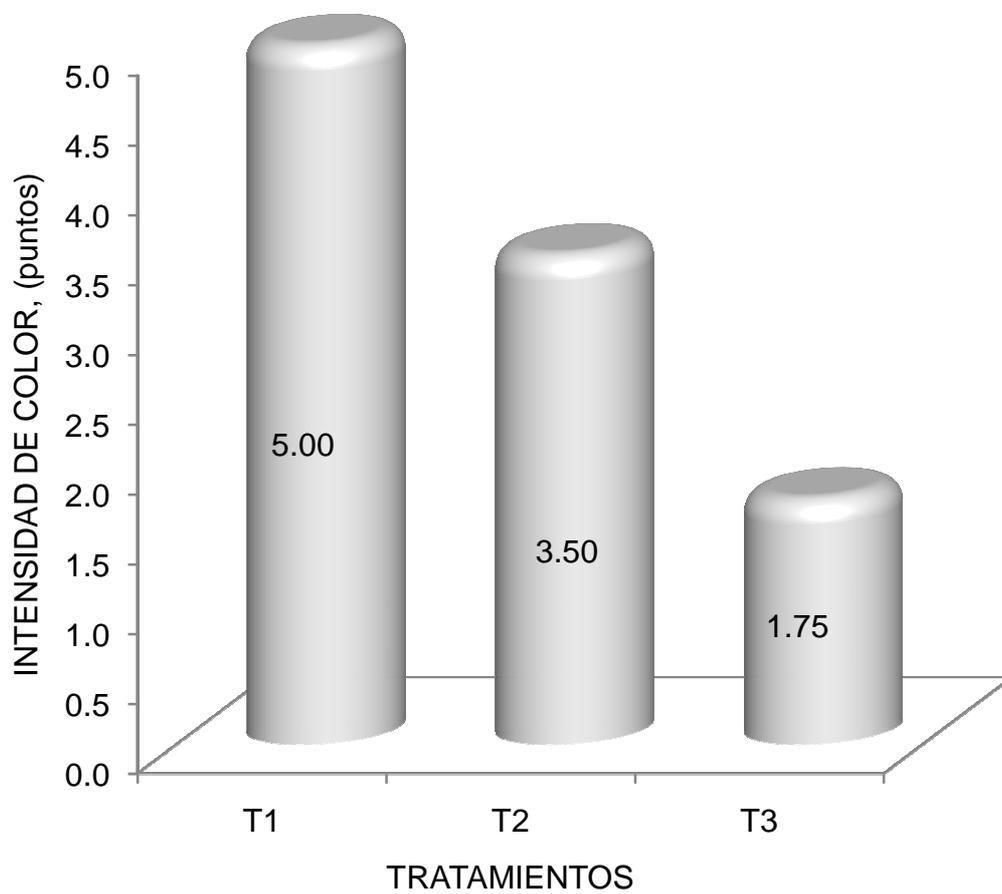


Gráfico 13. Comportamiento de la intensidad de color de la lana ovina teñida con amaranto a diferentes niveles de pH utilizando suero de leche.

reportándose para cada uno de ellos una puntuación de 3.42 puntos en la escala de grises, que demuestran que el producto obtenido presenta una moderada intensidad que se puede deber a lo manifestado por Soler, J. (2004), que indica que la fibra de lana está formada por dos capas diferenciadas, la cutícula y la corteza, y en determinado tipo de fibras puede existir una tercera capa, la medula. La cutícula comprende aproximadamente un 10% del total de la fibra y está formada por las características escamas que en las lanas finas una sola escama puede envolver la totalidad de la fibra formando como anillos tubulares de bordes relativamente saliente, mientras que en lanas mucho más gruesas se necesitan varias escamas para recubrir todo el perímetro y son en general más grandes y aplanadas, que afecta fuertemente el brillo y la intensidad de color, ya que la reflexión de la luz incidente será mayor que en estas lanas de escamas planas y lisas que en las merinas, donde sus bordes más prominentes dificultarán parte de esta reflexión y la intensidad del color es mínima.

Los valores medios de la intensidad de color registró diferencias altamente significativas ( $P < 0.007$ ), entre sí, por efecto de la interacción entre los factores A y B, observándose superioridad en la lana del tratamiento T1 (pH4), en el primero y segundo ensayo con una calificación de 5 puntos para los dos casos estudiados, mientras que en el tratamiento T2 (pH 4.5), las medias registradas fueron de 3.50 puntos para el primero y segundo ensayo y finalmente los reportes del tratamiento T3 en el primero y segundo ensayo fueron los más bajos de la experimentación con 1.75 puntos y que demuestran poca intensidad del colorante de amaranto, es decir una lana con poco brillo y poco intensa.

Mediante el análisis de regresión se pudo determinar una tendencia polinomial de carácter cuadrática con una ecuación para Intensidad de color =  $5,61 - 0,26x + 0,003x^2$ , que nos manifiesta que por cada unidad de cambio del pH en la tintura con amaranto de lana ovina, la intensidad de color inicialmente disminuye en 0.26 hasta el nivel del pH 5, para posteriormente incrementarse ligeramente en función de la elevación del pH, con un coeficiente de determinación alto de 81.09% y a una probabilidad del 0.001, como se ilustra en el gráfico 14.

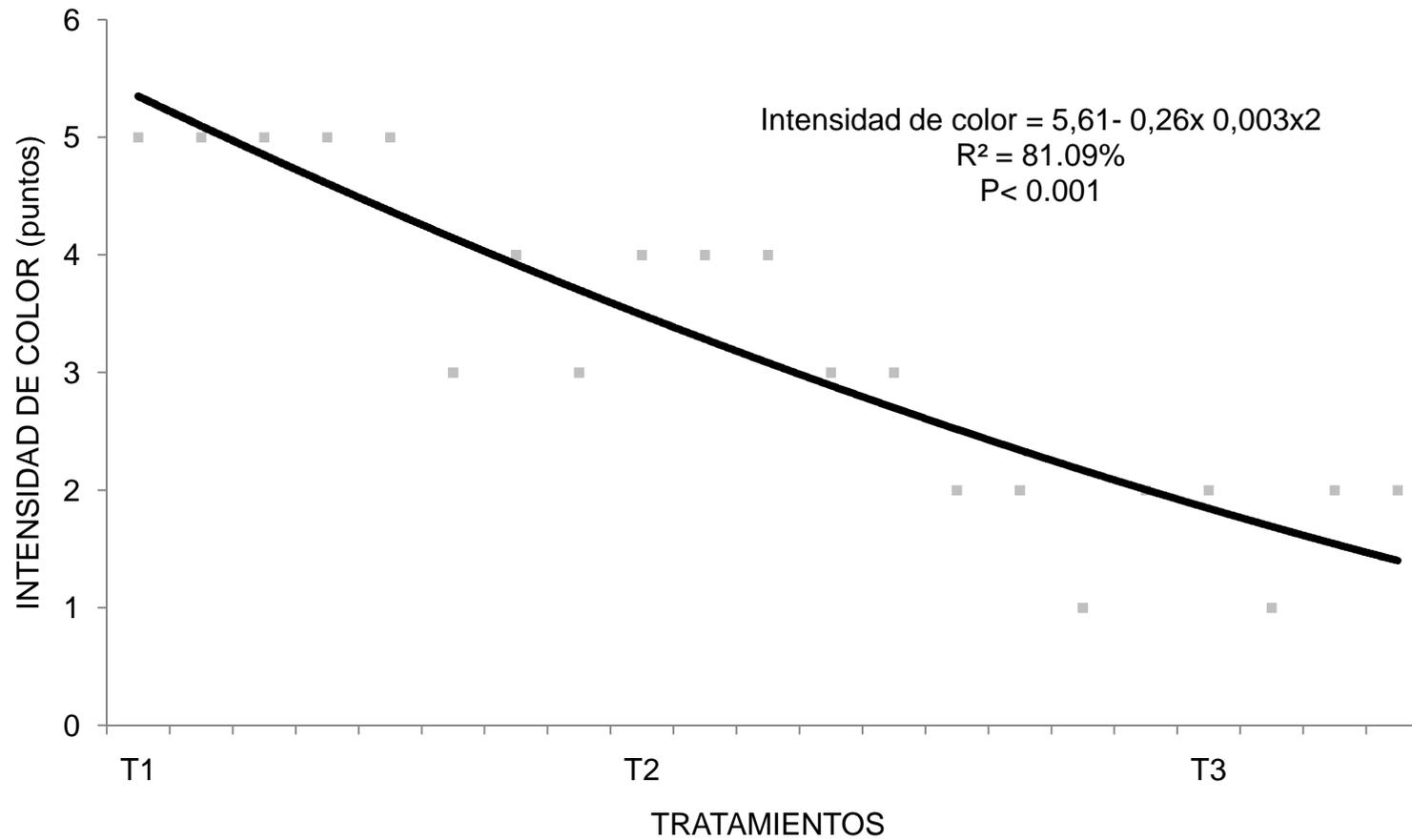


Gráfico 14. Análisis de regresión de la intensidad del color de la lana ovina teñida con amaranto a diferentes niveles de pH utilizando suero de leche.

### **C. ANÁLISIS ECONÓMICO**

De los resultados del análisis económico que se reporta en el cuadro 11, se establece que los costos de producción por kilogramo de lana ovina, establece costos homogéneos de producción de 148 dólares americanos para cada uno de los tratamientos, que determina un costo por kilogramos de lana teñida con amaranto de 9.25 dólares americanos.

Mediante el indicador beneficio/costo (B/C), la mayor rentabilidad se alcanzó al emplearse el tratamiento T1 (pH 4), registrándose un B/C de 1.27, es decir, que por cada dólar invertido se obtiene una ganancia de 27 centavos de dólar, que se reduce a 25 centavos cuando se empleó el tratamiento T2 (pH 4.5) y a 23 centavos con utilización del tratamiento T3 (pH 5), que son las más bajas rentabilidades de la investigación ya que su utilidad es del 16%, por tanto con el empleo de un pH del baño de tintura con suero de leche de 4, se obtuvieron respuestas satisfactorias que superan las tasas de interés vigentes que pagan las instituciones financieras, que en el mejor de los casos es el 15% anual; además de que se estaría disponiendo de un producto netamente ecológico porque se utilizan colorantes de origen natural.

Cuadro 11. ANÁLISIS ECONÓMICO.

VARIABLES	Medida	Cantidad	P/U	T1	T2	T3
Suero de leche	litros	300	0,1	10	10	10
Lana de Ovino	Kilos	48	6	96	96	96
Amaranto	Kilos	20	3	20	20	20
Gas	Cilindros	3	2	2	2	2
Material de campo				20	20	20
<b>SUBTOTAL</b>				<b>148</b>	<b>148</b>	<b>148</b>
<b>Ingresos</b>						
Costo de lana producido	USD			9,25	9,25	9,25
Kilos de lana producidos				16	16	16
Venta de lana producido	Kilo			11,76	11,52	11,40
Venta de lana	Kilos			188,16	184,32	183
<b>Beneficio costo</b>				<b>1,27</b>	<b>1,25</b>	<b>1,23</b>

Fuente: Cárdenas, J. (2010).

## **V. CONCLUSIONES**

Es importante considerar las siguientes conclusiones de carácter técnico derivadas de los resultados obtenidos:

1. Con la utilización del suero de leche a un nivel de pH 4 en la tintura de lana ovina con amaranto mejoró en forma significativa la resistencia física tensilar con un valor de 4.31 mm; como también, la solidez al lavado en medio acuoso con 4.63 puntos sobre 5 puntos de referencia.
2. Al trabajar con el nivel de pH 4 del suero de leche en la tintura de lana de ovino con amaranto se registraron las mejores notas en la escala de grises para la solidez a la luz diurna con 4.75 puntos y para la solidez a la luz artificial con 4.63 puntos sobre 5 puntos que es la mayor nota en la escala antes mencionada.
3. Con respecto al análisis sensorial de intensidad de color de la lana ovina tinturada con amaranto se reporto las mejores calificaciones al utilizar el suero de leche con un pH de 4 con una calificación de 5 sobre 5 puntos de referencia. Respuesta obtenida por el óptimo enlace del colorante amaranto con los grupos proteínicos de la superficie de la lana.
4. Los costos de producción cuando se utilizo el suero de leche con un pH de 4 en la tintura de lana de ovino con amaranto fueron de 148 dólares americanos para producir 16 kilos de lana tinturada de óptima calidad, que genero un ingreso por venta de lana tinturada de 188.16 dólares americanos, obteniéndose un beneficio costo de 1.27; es decir, que por cada dólar invertido tenemos una rentabilidad de 27 centavos de dólar.

## **VI. RECOMENDACIONES**

De acuerdo a las conclusiones vertidas anteriormente se desprenden las siguientes recomendaciones:

1. Utilizar el suero de leche con pH de baño de 4 para la fijación del colorante de amaranto, por presentar los mejores resultados en los análisis físicos de resistencia tensilar, solidez al lavado en medio acuoso, solidez a la luz diurna y artificial; como también intensidad de color.
2. Producir lana de ovino tinturada con amaranto, como solución al problema de la dependencia de anilinas químicas de alto costo, con colores demasiado fuertes y de gran impacto ambiental nocivo, para lograr productos de alta calidad y belleza, rescatando técnicas tradicionales.
3. Realizar otras investigaciones sobre tintura de lana ovina con la utilización de colorantes naturales y productos fijadores; como también, observar diferentes sistemas de trabajo, especialmente prácticas ancestrales.

## VII. LITERATURA CITADA

1. ALVARADO, M. 1987. Tecnología de la leche. 1a ed. México, México. Edit. Interamericano. pp. 10 – 15.
2. DELORME. J. 1980. Lechería e industrias derivadas. 3a ed. Ediciones S.U (Serrahima y Urpi). Barcelona, España. pp. 17,20
3. ECUADOR, ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO (ESPOCH). 2007. Estación Meteorológica, Facultad de Recursos Naturales. Riobamba, Ecuador.
4. ESPAÑA, Comité Europeo De Normalización (CEN). 2003. Norma ASTM1553.
5. ESPAÑA. Comité Europeo De Normalización (CEN). 2003. Norma IUF 402.
6. ESPAÑA. Comité Europeo De Normalización (CEN). 2003. Norma IUF 403.
7. FONT, J. 2005. Análisis y ensayos en la industria del cuero. 2a ed. Igualada, España. Edit. CETI. pp. 12, 25, 53,96.
8. HIDALGO, L. 2004. Texto básico de Curtición de pieles. sn. Riobamba, Ecuador. Edit. ESPOCH. pp. 10 – 56.
9. <http://es.wikipedia.org/wiki>. 2009. Alves, M. Estructura química de la lana ovina.

10. <http://www.monografias.com>. 2009. Argemto, D. Componentes de la lana ovina.
11. <http://www.propiedadesdelamaranto.gov>. 2008. Black, M. Propiedades físico químicas del amaranto.
12. <http://www.edufuturo.com>. 2009. Bouchard, J. El suero de leche, su producción y características.
13. <http://www.amaranto.gov.htm>. 2008. Bota, E. Usos industriales del amaranto.
14. <http://www.geocities.cucba.com>. 2009. Blanco, J. Estructura de la lana ovina.
15. <http://www.wikipedia.suerodeleche.org>. 2009. Cabrera, J. Definición del suero de leche.
16. <http://www.geocities.com>. 2009. Cagigas, A. La intensidad de color de la lana ovina.
17. <http://www.inti.gov.ar>. 2010. Cabastrol, A. La tintura con colorantes vegetales de la lana ovina.
18. <http://www.wikipedialanaorg>. 2009. Chauhan, L. Virtudes más importantes de la lana ovina.
19. <http://www.tecnicatinturalanares.htm>. 2009. Greiff, H. Las técnicas de tintura de la lana ovina.

20. <http://www.amaranto.gov>. 2010. Jiménez, L. El amaranto utilizado como colorante de fibras animales.
21. <http://www.alimentosargentinos.gov>. 2008. Martínez, P. Extracción de pigmentos en las plantas.
22. <http://www.cucba.udgamaranto.htm> 2009. Mazingue, G. Composición del amaranto.
23. <http://wwwamaranto.com>. 2010. Moeller, G. El amaranto sus cualidades y características.
24. <http://www.wikipedia.org>Amaranthus. 2008. Outreman, P. Extracción de colorantes naturales.
25. <http://www.cucba.udg>. 2009. Van Obergemen, M. Propiedades del amaranto.
26. <http://www.textiles.com>. 2010. Wenzel, W. métodos de tinción de lanas y textiles varios.
27. <http://wwwes.wikipedia.suerodelecheorg>. 2009. Wibaux, G. Elaboracion del suero de leche.
28. Maclaren, J y Milligan, B. (1991). Ciencias de la Lana, La reactividad química de la fibra de Lana. Australia. pp. 45 - 50
29. MEYER, F. 1988. Técnicas para la elaboración de lácteos. 2a ed. Edit. Acribia. Zaragoza, España. pp. 31 - 35

30. MOSTACERO, F. 2002. Taxonomía de la Fanerógamas útiles en el Perú. sn. Trujillo, Perú. Edit. CONCYTEC. pp. 92 – 101.
31. PEÑA L. 2002. Apuntes de lanas y otras fibras. sn. . Riobamba, Ecuador. Edit. FCP-ESPOCH. pp. 23 -41.
32. PORTER, N. 1981. La ciencia de los alimentos. 2a ed. Madrid, España,. Edit. Aria. pp. 15 – 52.
33. PORTILLO L. Y VIGUERAS A. 1995. Técnicas de Curtición y tenería. 2a ed. Distrito Federal, México. Edit. Karpeluz. pp. 10 – 23.
34. RODELLINO, L. 1995. Química- Técnica de Tenería. 1a ed. Madrid, España. Edit. CETI. pp. 682 – 732.
35. SAHEB, D. (1999). Composición de las fibras naturales. 2a ed. Los Ángeles, Estados Unidos. Edit. Polymer Technology. pp. . 10 – 23.
36. SHARAPIN, N. 2000. Fundamentos de Tecnología de Productos Fitoterapéuticos. sn. Zaragoza, España. Edit. Acribia pp. 50 – 78.
37. SMITH, W. (2004). Ciencia e Ingeniería de materiales. 3a ed. Madrid, España. Edit. Mc Graw Hill. pp. 63 – 86.
38. SOLER, J. 2004. Procesos de Curtido. sn. Barcelona, España. Edit. CETI. pp. 12, 45, 97,98.
39. WARREN, L. Operaciones Unitarias Ingeniería Química. 2003. 6a ed. Trad. María Aurora Lanto Arriola. México, México. Edit. Mc Graw-Hill/Interamericana Editores S.A. pp. 835- 875.