



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
CARRERA AGROINDUSTRIA

**“UTILIZACIÓN DEL TINTE DE PEPA DE ACHIOTE CON
DIFERENTES NIVELES DE ÁCIDO CÍTRICO EN EL TEÑIDO DE
LANA DE OVINO”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Trabajo Experimental

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA AGROINDUSTRIAL

AUTORA: JOHANA ARACELY CAYAMBE LLUGUAY

DIRECTOR: Ing. Manuel Enrique Almeida Guzmán. MSc

Riobamba – Ecuador

2023

© 2023, Johana Aracely Cayambe Lluquay

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Johana Aracely Cayambe Lluquay, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 25 de agosto de 2023



Johana Aracely Cayambe Lluquay

235004353-1

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
CARRERA AGROINDUSTRIA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Trabajo Experimental, **“UTILIZACIÓN DEL TINTE DE PEPA DE ACHIOTE CON DIFERENTES NIVELES DE ÁCIDO CÍTRICO EN EL TEÑIDO DE LANA DE OVINO”**, realizado por la señorita: **JOHANA ARACELY CAYAMBE LLUGUAY**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Tatiana Elizabeth Sánchez Herrera. MgS. PRESIDENTE DE TRIBUNAL		2023-08-25
Ing. Manuel Enrique Almeida Guzmán. MSc. DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-08-25
Ing. Maritza Lucia Vaca Cárdenas. Mg. ASESORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-08-25

DEDICATORIA

Desde lo más noble de mi corazón con infinito amor, dedico mi trabajo de titulación a mi padre Segundo Cayambe y a mi madre Elsa Lluquay, puesto que ellos son el pilar fundamental en mi vida. Por haberme enseñado a ser una persona con principios, valores y por confiar siempre en mí, también quiero dedicar este trabajo a mis hermanos Stalin, Viviana, Elvis, Jorge y Marco quienes han estado para mí en todo momento día a día con su presencia, respaldo y cariño para salir adelante, permitiéndome cumplir este sueño maravilloso.

Johana

AGRADECIMIENTO

Principalmente agradezco a Dios y a la Virgencita por haberme guiado en este proceso tan importante para mí, dándome fortaleza, sabiduría para seguir en adelante.

A la ESPOCH por haberme abierto sus puertas y darme la oportunidad de cumplir mi sueño, a cada uno de los docentes que formaron parte de mi vida académica fomentándome sus conocimientos. A mi tutor, Ing. Manuel Almeida y a mi asesora, Ing. Maritza Vaca, por haberme compartido sus conocimientos, habilidades y paciencia durante este proceso.

Y, por último, a mis amigos que siempre creyeron en mí, puesto que hemos batallado hombro a hombro hasta cumplir nuestros objetivos.

Johana

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	3
1.1. El Ovino.....	3
1.1.1. <i>Generalidades del ovino</i>	3
1.1.2. <i>Taxonomía del Ovino</i>	3
1.1.3. <i>Distribución</i>	4
1.1.4. <i>Razas de ovino productoras de lana</i>	4
1.1.4.1. <i>Merina de Rambouillet</i>	5
1.1.5. <i>Características y propiedades físicas de lana</i>	5
1.1.6. <i>Clasificación de lana de ovino</i>	5
1.1.7. <i>Técnicas de clasificación</i>	6
1.2. Colorantes naturales.....	6
1.2.1. <i>Definición y generalidades</i>	6
1.2.2. <i>Tintes de origen artificial</i>	7
1.2.3. <i>Tintes de origen natural</i>	7
1.2.3.1. <i>Importancia de los colorantes naturales</i>	7
1.2.4. <i>Tipos de tintes naturales</i>	7
1.3. Achiote.....	8
1.3.1. <i>Origen y distribución geográfica</i>	8
1.3.2. <i>Clasificación taxonómica</i>	9
1.3.3. <i>Descripción fenotípica</i>	9
1.3.4. <i>Composición química del achiote</i>	10
1.3.4.1. <i>Bixina</i>	10
1.3.4.2. <i>Norbixina</i>	11
1.3.5. <i>Usos</i>	11
1.3.6. <i>El achiote en la industria textil</i>	11

1.4.	Mordiente	11
1.4.1.	Tipos de Mordientes	11
1.4.1.1.	Ácido cítrico	12
1.5.	Métodos de análisis de lana	12
1.5.1.	Sistema de teñido	13
1.5.2.	Refracción	13
1.5.3.	Norma ISO 12647:2	13

CAPÍTULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	15
2.1.	Localización y duración del experimento	15
2.2.	Unidades experimentales	15
2.3.	Materiales, equipos e instalaciones	15
2.3.1.	Materiales	15
2.3.2.	Equipos	16
2.3.3.	Insumos	16
2.3.4.	Instalaciones	16
2.4.	Tratamiento y diseño experimental	16
2.4.1.	Esquema del experimento	17
2.5.	Mediciones experimentales	17
2.5.1.	En el tinte de la pepa de achote	17
2.5.2.	En el hilo de ovino tinturado	17
2.5.3.	Análisis económico	18
2.6.	Análisis estadístico y prueba de significancia	18
2.6.1.	Esquema del ADEVA	18
2.7.	Proceso experimental	18
2.7.1.	Teñido	18
2.8.	Metodología de la evaluación	19
2.8.1.	Determinación de pH	19
2.8.2.	Índice de refracción	19
2.9.	En el hilo de ovino tinturado	20
2.9.1.	Solidez a la luz	20
2.9.2.	Resistencia a la tensión	20
2.9.3.	Porcentaje de elongación	21
2.10.	Indicadores económicos	21

CAPÍTULO III

3. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	22
3.1. Comparación del color obtenido con tinte de achiote y diferentes niveles de ácido cítrico	22
3.2. Características fisicoquímicas del tinte de achiote y diferentes niveles de ácido cítrico	23
3.2.1. <i>pH</i>	23
3.2.2. <i>Índice de refracción</i>	24
3.3. Características físico-mecánicas del hilo de ovino tinturado con pepa de achiote y diferentes niveles de ácido cítrico	25
3.3.1. <i>Resistencia a la tensión</i>	25
3.3.2. <i>Porcentaje de elongación</i>	26
3.3.3. <i>Solidez a la luz</i>	27
3.4. Análisis de costos de producción y Beneficio/Costo	28
CONCLUSIONES	29
RECOMENDACIONES	30
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Taxonomía del Ovino	3
Tabla 1-2: Variedades de los ovinos productores de lana	4
Tabla 1-3: Tipos de colorantes naturales	8
Tabla 1-4: Clasificación taxonómica del achiote	9
Tabla 1-5: Composición química del árbol de achiote.....	10
Tabla 1-6: Tipos de mordientes	12
Tabla 2-1: Esquema del experimento.....	17
Tabla 2-2: Esquema del ADEVA.....	18
Tabla 3-1: Intensidad de colores (codificación).....	22
Tabla 3-2: Caracterización fisicoquímica de los tratamientos con ácido cítrico utilizados	23
Tabla 3-3: Características físico-mecánicas del hilo de ovino tinturado	25
Tabla 3-4: Análisis de Beneficio/Costo	28

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-1: Árbol de achiote.....	9
Ilustración 3-1: Índice de refracción del tinte de achiote con diferentes niveles de ácido	24
Ilustración 3-2: Solidez a la luz del tinte de achiote con diferentes niveles de ácido cítrico	27

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: ESTADÍSTICA DEL PH DEL TINTE OBTENIDO DE LAS PEPAS DE ACHIOTE CON DIFERENTES NIVELES DE ÁCIDO CÍTRICO

ANEXO B: ESTADÍSTICA DEL ÍNDICE DE REFRACCIÓN OBTENDIO DE PEPA DE ACHIOTE CON DIFERENTES NIVELES DE ÁCIDO CÍTRICO

ANEXO C: ESTADÍSTICA DE LA RESISTENCIA A LA TENSIÓN (N/ CM²) DEL HILO DE OVINO TEÑIDA CON PEPA DE ACHIOTE Y DIFERENTES NIVELES DE ÁCIDO CÍTRICO

ANEXO D: ESTADÍSTICA DEL PORCENTAJE DE ELONGACIÓN (%) DEL HILO DE OVINO TEÑIDA CON PEPA DE ACHIOTE Y DIFERENTES NIVELES DE ÁCIDO CÍTRICO

ANEXO E: ESTADÍSTICA DE LA SOLIDEZ A LA LUZ (PUNTOS) DEL HILO DE OVINO TEÑIDA CON PEPA DE ACHIOTE Y DIFERENTES NIVELES DE ÁCIDO CÍTRICO

ANEXO F: TEÑIDO DEL HILO DE OVINO CON PEPA DE ACHIOTE Y DIFERENTES NIVELES DE ÁCIDO CÍTRICO

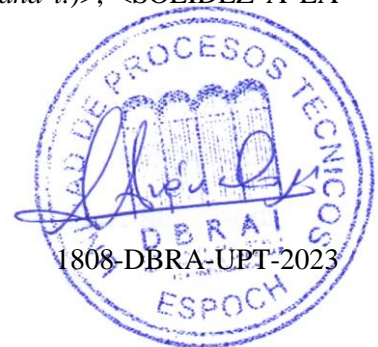
ANEXO G: PRUEBAS DE PH E ÍNDICE DE REFRACCIÓN EN LOS TINTES CON PEPA DE ACHIOTE Y DIFERENTES NIVELES DE ÁCIDO CÍTRICO

ANEXO H: PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA TENSIÓN, ELONGACIÓN Y SOLIDEZ A LA LUZ DEL HILO TINTURADA CON PEPA DE ACHIOTE Y DIFERENTES NIVELES DE ÁCIDO CÍTRICO

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo utilizar tinte de pepa de achiote (*Bixa orellana l.*) con diferentes niveles de ácido cítrico en el teñido de lana de ovino (*Ovis aries*), la misma que fue desarrollada en el laboratorio de Fibras Agroindustriales de la facultad de Ciencias Pecuarias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, la adquisición de la lana de ovino se realizó en la Estación Experimental Tunshi, donde fue procesada hasta la obtención del hilo tinturado, se aplicó un diseño completamente al azar donde las unidades experimentales fueron distribuidas en 4 tratamientos T0: tinte de achiote, T1: tinte de achiote + 5% ácido cítrico, T2: tinte de achiote + 10% ácido cítrico, T3: tinte de achiote + 15% ácido cítrico, con 4 repeticiones cada uno, donde se utilizó 200 gramos de hilo de lana de ovino, dando un total de 3200 gramos de hilo para la investigación. Los tintes obtenidos fueron evaluados en base a dos variables: pH e índice de refracción y en el hilo tinturado se determinó la solidez a la luz (escala de 5 puntos), resistencia a la tensión (N/cm²), elongación (%) y beneficio costo (\$). Los resultados obtenidos establecieron que el ácido cítrico no influye en el pH (6,23) pero si en el índice de refracción (1,00); con respecto a las propiedades físico-mecánicas, la solidez a la luz (5 puntos) presentó diferencias significativas, mientras que la resistencia a la tensión (3417,19 N/cm²) y elongación (32,14 %) no presentaron significancias, en cuanto al análisis económico el beneficio costo fue de \$ 1,16 al utilizar 10 y el 15% de ácido cítrico. Finalmente, se establece que el 15% de ácido cítrico presentó los mejores atributos de calidad en el hilo de ovino y se recomienda realizar más estudios sobre el achiote y la acción de los mordientes naturales en el hilo.

Palabras clave: <OVEJA (*Ovis aries*)>, <MORDIENTES (INDUSTRIA TEXTIL)>, <COLORANTE>, <ÁCIDO CÍTRICO>, <ACHIOTE (*Bixa orellana l.*)>, <SOLIDEZ A LA LUZ>.



ABSTRACT

The objective of this research was to use annatto seed dye (*Bixa orellana l.*) with different levels of citric acid in the dyeing of sheep wool (*Ovis aries*), which was developed in the Agroindustrial Fibers laboratory of the faculty. of Livestock Sciences of the Higher Polytechnic School of Chimborazo, the acquisition of sheep wool was carried out at the Tunshi Experimental Station, where it was processed until dyed yarn was obtained, a completely random design was applied where the experimental units were distributed in 4 treatments T0: annatto dye, T1: annatto dye + 5% citric acid, T2: annatto dye + 10% citric acid, T3: annatto dye + 15% citric acid, with 4 repetitions each, where it was used 200 grams of sheep wool yarn, giving a total of 3200 grams of yarn for the research. The dyes obtained were evaluated based on two variables: pH and refractive index, and the dyed yarn was determined for light fastness (5-point scale), tensile strength (N/cm²), elongation (%) and cost benefit (\$). The results obtained established that citric acid does not influence the pH (6.23) but does influence the refractive index (1.00); With respect to the physical-mechanical properties, the light fastness (5 points) presented significant differences, while the tensile strength (3417.19 N/cm²) and elongation (32.14%) did not present significance, in Regarding the economic analysis, the cost benefit was \$1.16 when using 10 and 15% citric acid. Finally, it is established that 15% citric acid presented the best quality attributes in the sheep thread and it is recommended to carry out more studies on annatto and the action of natural mordants in the thread.

Keywords: <SHEEP (*Ovis aries*)>, <BITES (TEXTILE INDUSTRY)>, <COLORANT>, <CITRIC ACID>, <ACHIOTE (*Bixa orellana l.*)>, <SOLIDITY TO LIGHT>.



Lic. Mónica Logroño B.

060274953-3

1808-DBRA-UPT-2023

INTRODUCCIÓN

En 1856 William Henry Perkin introdujo los primeros tintes sintéticos (anilina) en la industria química, reemplazando el uso de tintes naturales, ya que estos eran más baratos y eficientes debido a los procesos de logística que demandaba su uso para mantener la cultura y la tradición de la sociedad en esa época. Con la creciente demanda y conciencia sobre la protección del medio ambiente, el aumento de consumo de productos naturales en el mundo es notable (Palacios & Ullauri, 2020, p. 14).

Con este efecto la industria textil en el mundo según estimaciones de la (Unión Europea, 2020), a través de los tintes artificiales y productos de acabado ocasiona aproximadamente un 20% de la contaminación mundial de agua potable, con los procesos de lavado de materiales sintéticos se genera cada año unos 0,5 millones de toneladas de microfibras que en conjunto con el colorante no constituido en la prenda acaban en los océanos acrecentando el impacto en medios acuíferos y terrestres de zona aledañas.

En América Latina el uso de tintes artificiales produce más emisiones de carbono que la industria aérea, esta afecta directamente al cambio climático efecto del calentamiento global. Este comportamiento se produjo a partir de la alta demanda de los consumidores a raíz de la revolución industrial que ha ejercido cambios constantes hasta la actualidad, destacando un mayor consumo de productos a bajos costos que se elaboran en muchos países de tercer mundo (Dávalos, 2022).

El uso de tintes en la industria textil en Ecuador ha existido desde hace décadas, su apogeo data desde el periodo colonial, uno de los factores que no ha cambiado con el tiempo son los colorantes que se denominaba como mercancías muy valoradas por los españoles debido a la variedad e intensidad de colores, los cuales resultaban atractivos para su aplicación en cualquier tipo de lanas y para su exportación al viejo mundo (Guirola, 2010, p. 12).

Con respecto al uso de colorantes artificiales (Portilla, 2022) menciona la importancia sobre el impacto al medio ambiente, donde analiza zonas que se caracterizan por la producción textiles y curtiembre en lugares como Pelileo, Atuntaqui y Cotacachi, estableciendo la acción que generan las aguas residuales sin tratamiento, específicamente los colores sintéticos utilizados que tienen presencia de plomo y significan un promedio de 16 litros de agua en el tinturado por prenda, donde aproximadamente el 85% del tinte utilizado se adhiere a la tela y el resto se desecha al suelo o vertientes naturales por parte las industrias.

El uso de colorantes naturales es muy importante en el proceso de tinturado, ya que su incidencia al medio ambiente disminuye considerablemente por la procedencia del pigmento natural en su

estructura química que permite su desnaturalización y asimilación en la tierra sin mayor problema, esta iniciativa tiene la finalidad de promover y recuperar el uso tradicional de los colorantes naturales a base de raíces, semillas, frutas y tubérculos en el ámbito cultural (Palacios & Ullauri, 2020, p. 21).

Al realizar esta investigación se ha visto la necesidad de utilizar un tinte natural como el achiote, aplicado ácido cítrico como mordiente que permita aportar una mayor intensidad de color en el tinturado, por lo que, la extracción de colorante del fruto se realizó de forma técnica para su aprovechamiento como alternativa de comercialización a nivel nacional, cabe destacar que esta planta se localiza en las zona tropicales y templadas del Ecuador.

El achiote posee una mezcla de bixina y norbixina la cual establece una coloración naranja-rojiza (Bonilla, 2009, p. 25), estos componentes son significativos para ser utilizados en el tinturado de la lana de ovinos en el campo textil debido a la demanda internacional, siendo un producto muy apreciado por su alto contenido de queratina, que se caracteriza por ser suave, térmico y risado (Tinoco, 2009, p. 11).

Para la utilización del tinte de pepa de achiote (*Bixa orellana l.*) con diferentes niveles de ácido cítrico en el teñido de lana de ovino (*Ovis aries*), se plantó los siguientes objetivos que permitieron cumplir con la problemática de estudio;

- Evaluar el tinte de achiote extraído manualmente y combinado con diferentes niveles de ácido cítrico (5%, 10% y 15%) para el teñido de lana de ovino.
- Determinar la calidad mediante pruebas físico-mecánicas del hilo de la lana de ovino teñido con diferentes niveles de ácido cítrico.
- Determinar el costo de producción y su beneficio costo de la producción de lana tinturada.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. El Ovino

1.1.1. Generalidades del ovino

La oveja doméstica (*Ovis aries*) tiene su origen en las regiones frías de Europa y Asia, provienen de animales del grupo de los antílopes de tiempos remotos. Las ovejas han sido domesticadas y utilizadas de diversas formas durante más de diez mil años (Batista, 2022, p. 7).

Debido a su adaptabilidad, estos animales pueden crecer en todas las regiones con distintas temperaturas, aunque para este fin es necesario seleccionar la raza o tipo de animal más adecuado para una zona específica. La ganadería ovina proporciona a las familias una variedad de productos como: carne con alto contenido protéico para satisfacer las necesidades de los niños; leche para la elaboración de queso; lana y estiércol (Batista, 2022, p. 12).

1.1.2. Taxonomía del Ovino

Es un animal de tamaño pequeño a mediano entre (35 a 80 kg), presentan tres coloraciones usuales: blanca, café, negro. De acuerdo con (Fernández, 2017, p. 16) la clasificación taxonómica del ovino es la siguiente:

Tabla 1-1: Taxonomía del Ovino

Reino:	Animalia, animales
Subreino:	Eumetazoa, eumetazoos
Clase:	Mammalia, mamíferos
Orden:	Artiodactyla, artiodáctilos
Familia:	Bovidae, bóvidos
Subfamilia:	Caprinae, caprinos
Género:	Ovis
Especie:	Ovis orientalis

Fuente: (Fernández, 2017, p. 16)

Realizado por: Cayambe, J, 2023.

1.1.3. Distribución

Las ovejas son animales domesticados, por lo tanto, su distribución tiene una estrecha relación con la de los seres humanos considerándose que el alcance es a nivel mundial, debido a su versatilidad las ovejas son capaces de habitar en grandes terrenos con ecosistemas montañosos o cambiantes como por ejemplo las praderas, bosques, desiertos, dunas, sabanas (Fernández, 2017, p. 5).

En efecto, para su desarrollo es necesaria la presencia de pasto que puedan ser usada en su alimentación y una fuente de agua. Es así que necesitan grandes superficies que les proporcionen una fuente constante de alimento y eviten el sobrepastoreo por donde puedan moverse, así como cuidados especiales para obtener una lana de muy alta calidad, que está compuesta de una sustancia llamada queratina que es una cadena en espiral que le da elongación y resistencia (Fernández, 2017, p. 12).

1.1.4. Razas de ovino productoras de lana

De acuerdo con la (Dirección de Educación Agraria, 2020, p. 16) determina que las razas de ovino productoras de lana son las siguientes:

Tabla 1-2: Variedades de los ovinos productores de lana

Razas	Descripción
Merino	Corresponde a un animal procedente de grupos genéticos originarios de los primeros ovinos de la zona central de Asia que pasan al norte de África. Tiene mucosas y pezuñas despigmentadas, mechón compacto y en bloque. Se adapta a climas templados a tropicales. Solo el macho posee cuernos.
Romney Marsh	Este animal tiene origen británico, cuenta con vellón de lana media, semiabierto con mechas terminadas en punta, se adapta a climas húmedos, subhúmedos, templados
Lincoln	Es proveniente de Inglaterra, el vellón es abierto y grueso de larga mecha puntiaguda y plana usada para alfombras. Su adaptabilidad son climas templados, templados fríos, húmedos y lluviosos.
Ideal o Polweth	Es de origen australiano, cuenta con mechas de mayor longitud y por ende de más atractivo comercial, es semicompacto o compacto. Se adapta a climas templados, templado-cálido, semiárido a húmedo.
Texel	Este animal tiene origen Holandés. Es una raza con doble propósito, es decir, de producción de lana y carne. Su vellón es semicompacto de poca calidad, mechas puntiagudas, se adapta a climas templados y fríos.
Dorset Horn	Es proveniente de Inglaterra, su lana corresponde a una mecha cuadrada semicompacto, se adapta a climas templados, húmedos y subhúmedas.

Fuente: (Dirección de Educación Agraria, 2020, p. 16)

Realizado por: Cayambe, J, 2023.

1.1.4.1. Merina de Rambouillet

La raza Merina de Ramobouillet es procedente de un rebaño de 334 ovejas y 42 marruecos de raza Merina española, que surgió de Segovia el 15 de junio de 1786, tras una caminata que llegó el 12 de octubre en Francia. El rebaño inicial estaba conformado por razas merinas españolas: Perales, Perella, Paular, Negrete, Escorial, San Juan, Alcole, Irunda y Salazar. Son animales eumétricos (65-90kg las hembras) de perfil cóncavo y proporciones mediolíneas. En lo posterior de la formación de numerosas razas con mejoradas características laneras en la actualidad esta raza se encuentra conformada por un rebaño de 105 hembras y 20 carneros. (Universidad de Córdoba, 2022) p.236

1.1.5. Características y propiedades físicas de lana

La lana se encuentra presente en la piel de animales vivos, se produce para retener el calor y mantener la temperatura corporal. La lana es un tejido elástico que puede estirarse sin romperse porque sus fibras generalmente se doblan juntas. Pero también es flexible, por lo que tiende a mantener su forma. Quizás su peculiaridad más interesante es su enorme capacidad de aislante térmico, ya que las fibras no se comprimen. Las características más importantes de la lana son:

- Rendimiento
- Promedio del diámetro de la fibra
- Longitud del mechón
- Cantidad
- Fuerza del mechón y/o la posición de rompimiento
- Rizos (Rosas, 2016, p. 11).

Dependiendo del ciclo de vida del animal, la lana se produce a partir de determinadas etapas y en sus propiedades como en calidad pueden variar. Por ejemplo, la lana más valiosa se produce entre los 3 y los 6 años de vida del ovino (Rosas, 2016, p. 24).

1.1.6. Clasificación de lana de ovino

(Ginés, 2011) menciona que la clasificación de la lana de ovino depende de la:

- Raza
- Categoría

- Calidad
- Longitud de mecha
- Finura

Mientras que (OVI, 2015) refiere a los principales tipos de lana que son:

- Fina
- Extrafina
- Bastas

1.1.7. Técnicas de clasificación

La clasificación de la lana de ovino radica en desenrollar los vellones sobre una mesa, abrirlos en toda su extensión y sacudirlos para que se eliminen las impurezas que pasan a través de una malla. En lo posterior son extraídas las distintas clases de lanas y agrupadas con otras de características análogas procedentes de distintos vellones con la finalidad de elaborar lotes uniformes destinados al mismo manufacturado. La rapidez de este trabajo depende mucho de la adecuada recolección y envellonado de la lana ya que caso contrario es difícil, complejo y tedioso pues hay que operar con vellones enmarañados con las distintas categorías de lanas revueltas y entremezcladas (Sánchez, 2010, p. 18).

1.2. Colorantes naturales

1.2.1. Definición y generalidades

A lo largo de la historia, el color ha jugado un papel muy importante en la vida humana, reflejando este medio los sentimientos y emociones de las personas, creando jerarquías sociales, económicas y de poder, simbolizando creencias y satisfaciendo necesidades estéticas (Trillo & Demaio, 2013, p. 2).

El uso humano de pigmentos naturales se remonta a tiempos prehistóricos; en esa época las personas dependían de lo que encontraban en la naturaleza. Los colores que se obtenían eran utilizados para teñir su cuerpo y vestimenta los mismos que derivaban de plantas, minerales y animales (Terrazas, 2012, p. 11).

Los seres humanos que forman parte de los antepasados consideraban a las plantas como un recurso básico e importante, siendo parte de su vida cotidiana debido a que el entorno natural les

otorgaba muchos beneficios, de uso medicinal, en la agricultura, madera, fibra, etc, una actividad que realizaban consistía en la obtención de sustancias tintóreas de diferentes tipos de plantas para teñir fibras textiles, pero con el desarrollo de la tecnología se abandonó su visión de la naturaleza y se perdió el valor por ella (Vele, 2017, p. 32).

1.2.2. Tintes de origen artificial

Los colores artificiales son sustancias creadas en un laboratorio mediante procesos químicos. Los científicos han encontrado que el uso de tintes sintéticos es perjudicial para las personas que consumen el producto, provocando efectos cancerígenos, infecciones de la piel, alergias y más (Palacios & Ullauri, 2020, p. 80).

1.2.3. Tintes de origen natural

Los tintes naturales son obtenidos de plantas, algunos invertebrados o minerales. Se usan raíces, frutos, hojas y corteza. Además, se pueden obtener colorantes naturales a partir de algunos hongos y líquenes. Algunos de estas tinturas naturales se consideran artículos de lujo porque es difícil obtener los materiales para su producción (Morales, 2021, p. 44).

1.2.3.1. Importancia de los colorantes naturales

Una de la alternativas más eficientes para combatir el impacto ambiental es el uso de colorantes naturales que demanda un menor daño al medio en el proceso de tinturado, ya que su incidencia disminuye considerablemente por la procedencia del pigmento natural en su estructura química lo que permite su fácil desnaturalización en el agua y se reconstituye con la tierra sin mayor problema, cabe destacar que los colorantes naturales se han utilizado desde hace décadas y su aplicabilidad permite promover y recuperar el uso tradicional de los colorantes naturales a base de raíces, semillas, frutas y tubérculos en el ámbito cultural (Palacios & Ullauri, 2020, p. 30).

1.2.4. Tipos de tintes naturales

Como establece (Morales, 2021, p. 22) los colorantes dependen de la aplicación debido al tipo de fibra ya que requieren colorantes reactivos a la fibra, directos o sustantivos y colorantes de tina, los cuales son solubles e incoloros y se fijan mediante la luz y/o por oxígeno. Las fibras de proteína requieren colorantes de tina, ácidos y mordientes indirectos, los cuales precisan de un agente unificador, a continuación, se establece los tipos de tintes naturales según su origen;

Tabla 1-3: Tipos de colorantes naturales

Origen	Descripción
Animales	Insecto cochinilla (rojo) Orina de vaca (amarillo indio) Insecto laca (rojo, violeta) Cañadilla Murex brandaris (púrpura) Pulpo sepida (marrón sepia)
Vegetales	Catechu o Clutch tree (café) Gutagamba (amarillo mostaza oscura) Raíz de rubhada del Himalaya (amarillo) Planta Indigofera (azul) Árbol Kamala (amarillo-naranja, amarillo dorado) Planta Consolidida Larkspur (amarillo) Raíz de granza o Rubia tinctorum (rojo, rosa, naranja) Fruto de Myrabolan (amarillo, verde, negro) Cáscara de Punica granatum granado (amarillo) Reseda luteola Gualda (amarillo)
Minerales	Arsénico (verde) Arcilla (ámbar) Cadmio (verde, rojo, amarillo, naranja) Carbón (negro) Cromo (amarillo, verde) Cinabrio (bermellón) Cobalto (azul) Cobre (verde, azul, púrpura) Óxido de hierro]] hidratado (ocre) Plomo (blanco, amarillo-rojo) Limonita (siena) Titanio (blanco, beige, amarillo, negro) Zinc (blanco)

Fuente: (Morales, 2021, p. 22)

Realizado por: Cayambe, J, 2023.

1.3. Achiote

1.3.1. Origen y distribución geográfica

El achiote (*Bixa orellana l.*) es un árbol perenne originario de América Central y del Sur. El achiote o urucú en Brasil es conocido como una de las primeras plantas domesticadas por los indígenas de la región, quienes probablemente lo utilizaron para diversos rituales (Pérez & Becerra, 2003, p. 12). En Ecuador, el achiote se produce principalmente en las provincias de Napo, Manabí y Santo Domingo de los Tsáchilas (Mera, 2007, p. 13).

1.3.2. Clasificación taxonómica

El achiote es un producto que pertenece a la familia Bixaceae y género Bixa. Existen cuatro especies primordiales que son: orellana, excelsa, arbórea, platicarpa y urucurana. La clasificación taxonómica del achiote es presentada a continuación:

Tabla 1-4: Clasificación taxonómica del achiote

División:	Spermatophyta
Subdivisión:	Angiospermae
Clase:	Dicotyledoneae
Orden:	Guttiferales
Familia:	Bixaceae
Género:	Bixa
Especies:	Orellana L; excelsa G. et. k; platicarpa R.et. p; arborea H.; Urucurana W.

Fuente: (Instituto Nacional Sostenible, 2020, p. 18)

Realizado por: Cayambe, J, 2023.

1.3.3. Descripción fenotípica

El achiote es un árbol de rápido crecimiento perteneciente a la familia Bixaceae como menciona (Duque, 2022, p. 5), es cultivado como planta perenne que crece desde 3 a 10 m de altura, sus hojas son simples, grandes, de formas acorazonadas, de bordes lisos y pecíolos largos, las flores son hermafroditas y están ubicadas en ramilletes terminales, de colores blanco a rosado, el fruto es una cápsula ovoide o en forma de huevo, de color marrón rojizo, puede tener o no espinas filamentosas (pocas o muchas), son de color anaranjado, verde, amarillo, rojo o varios tonos intermedios, en su interior se hallan semillas cubiertas de filamento algodonoso y arilo de diversos colores.



Ilustración 1-1: Árbol de achiote

Fuente: (Sánchez, 2021, p. 2)

1.3.4. Composición química del achiote

Como indica el (Instituto Nacional Sostenible, 2020, p. 8) el achiote posee treintaicinco componentes donde se destaca al acetato de (ZE)-farnesilo (11,6%), acetato de occidentalol (9,7%), espatulenol (9,6%), ishwarane (9,1%), bixina y norbixina (2-5%) como los mayores constituyentes, cabe destacar que estos últimos varían significativamente con valores de hasta 7% del peso seco de las semillas.

Tabla 1-5: Composición química del árbol de achiote

Partes de la planta	Componentes
Hojas	Bixaganeno, ishwarano (aceite esencial) entre otros mono y sesquiterpenos; flavonoides: 7-bisulfato de apigenina, 7- bisulfato de luteolina, 8-bisulfato de hipolaetina, glucósido de apigenina, bisulfato de apigenina, hipolaetina, cosmosiina, entre otros como: flavonas, antocianidinas y sesquiterpenlactonas (Ramírez T., 2001); carotenoides: bixina, norbixina, orelina, β -caroteno, criptoxantina, metilbixina, zeaxantina, luteína; ácido tomentósico; vitaminas (A, B, y C); proteínas; azúcares; celulosa; grasas; calcio, fierro y fósforo; diterpenos: farnesilacetona, geraniol, geranil formato, alcaloides (vestigios), ácido gálico (benzenoide) y ácido alfitólico.
Semillas	Carotenoides expresados como provitamina A (1 000 -2 000 U.I./g de semilla seca), entre ellos destacan: bixina, betabixina, metilbixina, norbixina, orelina, zeaxantina, β -caroteno, luteína y criptoxantina; también contienen bixinato de sodio, achiotina, ácido tomentósico, pectinas, proteínas, taninos, y un hidrocarburo sesquiterpénico, ishwarane (esencia floral de las semillas). Las semillas también contienen sílica, potasa, un alto contenido de fósforo y bajo de calcio; un alto contenido de proteínas, el cual incluye niveles adecuados de triptófano y lisina, pero bajos niveles de metionina, isoleucina, leucina, fenilalanina y treonina.

Fuente: (Instituto Nacional Sostenible, 2020, p. 8)

Realizado por: Cayambe, J, 2023.

De acuerdo con (Gallegos, 2020, p. 25) uno de los usos que el achiote tiene es la aplicación como colorante natural debido a los principales componentes como los son la bixina y norbixina, este último es resultado de la saponificación de la bixina, y depende del tipo de extracción que determina la cantidad en mg.

1.3.4.1. Bixina

La bixina es un carotenoide que se encuentra en la cubierta externa de la semilla del fruto o cápsula constituido por el 80% de pigmentos presentes, siendo uno de los colorantes de gran interés comercial debido a que su uso se encuentra libre de certificación por lo cual puede ser empleado en cualquier industria a nivel nacional e internacional (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal, 2022, p. 29).

1.3.4.2. Norbixina

La norbixina es un colorante natural hidrosoluble, es decir solubles en agua, presenta una tonalidad de amarillo, marrón o rojos, se encuentra presente en el pigmento de achiote, usualmente este es usado para colorear, o en adicción de salchichas, lácteos, snacks (Barrera et la., 2019, p. 9).

1.3.5. Usos

El achiote tiene una amplia gama de aplicaciones que durante años ha beneficiado de manera directa a la humanidad, ya sea en medicina, en distintas industrias, en la gastronomía como condimento o colorante, en el área de cosméticos, pinturas, ceras, etc (Narciso, 2012, p. 12).

De acuerdo con (Mera, 2007) este producto (*Bixa orellana L*), tradicionalmente es utilizado en la cocina para dar color a las comidas. Actualmente se usa en la elaboración de productos alimenticios destinados al consumo humano, así como en la industria cosmética, de pintura cerámica, culinaria y de barnices. Además, se utiliza para hacer conservas como salsas, margarina, aceite y embutidos (chorizos, salchichones).

1.3.6. El achiote en la industria textil

En la actualidad el achiote ha sido utilizado en algunas industrias, una de ellas la textil debido a que se lo emplea para teñir fibras naturales como el algodón, seda, lana logrando diferentes tonalidades de acuerdo a la necesidad de los fabricantes, este proceso ha permitido que se abran nuevos mercados internacionales por el procedimiento novedoso y natural que se lleva para tinturar filamentos, hilos, hebras (Ortiz et al., 2018, p. 50).

1.4. Mordiente

Es una sustancia utilizada para fijar tintes en los textiles, permitiendo que estos se adhieran a las fibras o lanas sin que se desprendan. El mordiente más común es el alumbre, sin embargo, existen muchos otros como el limón, sal, alumbre, vinagre, orina de las personas, cenizas, zumo de penco negro, entre otros, dependiendo de la intensidad de obtener colores oscuros o claros (Sánchez, 2020, p. 23).

1.4.1. Tipos de Mordientes

(Obando, 2020, p. 4) menciona que los mordientes utilizados en el tinte de hilos de lana tienen origen mineral y vegetal, los mismos que son descritos a continuación:

Tabla 1-6: Tipos de mordientes

Mordientes de origen mineral	Alumbre (Sulfato de Aluminio): Tiene forma de piedras transparentes, su resistencia a la luz es mediana. Se aplica de manera usual combinado con crémor tártaro. El alumbre sirve para preparar la fibra antes del teñido y no altera el color, pero aviva los mismos.
	Bitartrato de potasio (crémor tártaro): Es un polvo cristalino, color gris rojizo obscuro, poco soluble y tiene apariencia de azúcar. Es generalmente utilizado antes del teñido y en muchos casos en combinación con el alumbre.
	Sulfato de hierro: Es usado posterior al teñido, generalmente oscurece el color y vuelve las fibras más ásperas.
	Sulfato de cobre (Caparrosa azul): Polvo cristalino de color verde pálido. Tiene buena resistencia a la luz y al agua.
	Bicromato o dicromato de potasio: Tiene forma de cristales grandes de color anaranjado obscuro, anhídrido y de gran estabilidad al aire, soluble en 10 partes de agua fría.
	Cloruro de sodio (Sal de mesa): La sal puede utilizarse en la solución del tinte en el momento del teñido.
Mordientes de origen vegetal	Vinagre (contiene ácido fórmico) : Se utiliza el vinagre común de uva o la fermentación del plátano, manzano.
	Limón (contiene ácido cítrico): El jugo de limón tiende a avivar y aclarar los colores.
	Tanino: Funciona de mejor manera con fibras vegetales y se aplica en un segundo baño de mordiente posterior del alumbre. Produce colores profundos y resistentes a la luz solar. Este contenido se encuentra en varios frutos y cortezas como el coco, el orejón, la tara, el té, el café, el roble entre otros.
	Lengua de vaca (Rumex Crispis): En el antiguo Perú se utilizaba como planta tintórea y como mordiente. Se usa en el teñido de colores oscuros.

Fuente: (Obando, 2020, p. 4)

Realizado por: Cayambe, J, 2023.

1.4.1.1. *Ácido cítrico*

Es un compuesto natural de color blanco que se utiliza como entonador y que aplicado al final del proceso de teñido provoca el aumento de la acidez y por ende el cambio de color de las fibras teñidas con tintes naturales, por ejemplo, en el color rojo este elemento facilita que varíe de color carmín a escarlata (Farinango, 2019, p. 12).

1.5. Métodos de análisis de lana

1.5.1. Sistema de teñido

El teñido natural es un arte en donde se utiliza plantas y diversos materiales para añadir color a fibras, hilos, etc. Su origen se remonta a épocas ancestrales, los textos históricos populares afirman que los faraones (reyes egipcios) fueron encontrados envueltos en textiles teñidos con pigmentos naturales y cerámicas recubiertas con pigmentos naturales dentro de las pirámides. (Villanueva, 2012, p. 41).

1.5.2. Refracción

Este es un fenómeno donde la luz se mueve de un medio a otro medio (composición química o densidad), cambiando de dirección, velocidad y longitud de onda, pero manteniendo su frecuencia. Hay un concepto llamado índice de refracción que puede explicar este cambio. El índice de refracción, es un indicador adimensional que se consigue dividiendo la velocidad de la luz en el vacío por la velocidad de la luz en el medio. El valor del índice de refracción siempre es superior a 0,4, porque la mayor velocidad de la luz se produce en el vacío (Villanueva, 2012, p. 41).

1.5.3. Norma ISO 12647:2

La norma ISO 12647:2 es el estándar consensuado por los especialistas europeos y que las imprentas pueden “implantar” en sus maquinarias con cierta facilidad. Con ello obtenemos muchas ventajas: 1 El color ya no es un concepto. Es un número. Y su representación en el papel es medible, es susceptible de ser controlado (NTE INEN-ISO 12647-2-2, 2016, p. 3).

Esta norma nacional (NTE INEN-ISO 12647-2-2, 2016, p. 3) especifica una cantidad de parámetros de proceso y sus valores, los cuales se han de aplicar cuando se preparan separaciones de color para impresiones offset a cuatro colores o cuando se producen impresiones a cuatro colores mediante uno de los siguientes métodos: impresión offset rotativa de secado en horno, impresión offset de alimentación por hojas o procesos de impresión de formas continuas, pruebas para uno de estos procesos, o elaboración de pruebas de medio tono para offset (NTE INEN-ISO 12647-2-2, 2016, p. 3).

Los parámetros y valores se seleccionan con respecto al proceso completo que cubre las siguientes etapas:

- Separación del color
- Ajuste de la película

- Producción de prueba
- Elaboración del portador de imagen
- Producción impresa y acabado superficial

Esta norma nacional (NTE INEN-ISO 12647-2-2, 2016, p. 3) se aplica a los siguientes procesos:

- Directamente a los procesos de prueba e impresión que usan películas de separación de color como entrada.
- Directamente a la prueba y la impresión a partir de portadores de imagen producidos mediante procesos sin película, mientras se mantengan analogías directas para los sistemas de producción de películas.
- A la prueba y la impresión con más de cuatro colores proceso mientras se mantengan analogías directas para la impresión a cuatro colores, como para datos y tramado, para sustratos de impresión y parámetros de impresión.
- Por analogía a las tramas de línea y a tramas no periódicas.

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Localización y duración del experimento

El teñido de la lana de ovino con achiote y diferentes niveles de ácido cítrico se realizó en el Laboratorios de Fibras Agroindustriales de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, ubicada en el kilómetro 1 ½ de la Panamericana sur en la ciudad de Riobamba, provincia de Chimborazo que se encuentra a una altitud de 2740 m.s.n.m., teniendo trabajo experimental una duración de 60 días.

2.2. Unidades experimentales

Se utilizaron 3200 g de lana de ovino, distribuidas en 4 tratamientos con 4 repeticiones cada uno, por lo que se contó con 16 unidades experimentales y cada una de ellas con un tamaño de 200 g de lana de ovino.

2.3. Materiales, equipos e instalaciones

Los materiales, equipos e instalaciones utilizadas se indican a continuación:

2.3.1. *Materiales*

- Mandil
- Botas
- Fundas plásticas
- Guantes
- Palo de madera
- Tinas
- Ollas
- Tijera
- Mesas
- Termómetro
- Cronómetro
- Tela tul

- Baldes
- Cilindro de gas
- Cocina industrial

2.3.2. Equipos

- Sacudidora
- Escarmenadora
- Cardadora
- Hiladora
- Refractómetro
- pH-metro
- Balanza
- Lastómetro
- Dinamómetro

2.3.3. Insumos

- Agua
- Detergente
- Ácido cítrico (limón)
- Pepa de achiote

2.3.4. Instalaciones

- Laboratorio de fibras agroindustriales para las pruebas mecánicas de la Facultad de Ciencias Pecuarias.

2.4. Tratamiento y diseño experimental

Se evaluó el teñido de la lana de ovino con achiote, utilizando diferentes niveles de ácido cítrico (5, 10 y 15 %), para ser comparado con un grupo control (0%), por lo que se contó con 4 tratamientos experimentales y cada uno con 4 repeticiones como se observa en la tabla 2-1.

2.4.1. Esquema del experimento

Tabla 2-1: Esquema del experimento

Niveles ácido cítrico	Código	Repeticiones	TUE*	Total lana/trat.
0%	T0	4	200	800
5%	T1	4	200	800
10%	T2	4	200	800
15%	T3	4	200	800
TOTAL, g de lana				3200

TUE*: Tamaño de la unidad experimental, 200 g

Realizado por: Cayambe, J, 2023.

Las unidades experimentales fueron distribuidas bajo un diseño completamente al azar por la homogeneidad que presentaba la lana; y que para su análisis se ajustaron al siguiente modelo lineal aditivo:

$$Y = u + T_i + E_j$$

Donde:

Y= Valor de parámetro de determinación

u= Media general

T_i= Efecto de los niveles de ácido cítrico

E_j= Efecto del error experimental

2.5. Mediciones experimentales

Las medidas experimentales que se consideraron fueron las siguientes:

2.5.1. En el tinte de la pepa de achiote

- pH
- Índice de refracción

2.5.2. En el hilo de ovino tinturado

- Solidez a la luz, puntos
- Resistencia a la tensión, N/cm²
- Elongación, %

2.5.3. Análisis económico

- Costo de producción, dólares/kg
- Beneficio/costo

2.6. Análisis estadístico y prueba de significancia

Los resultados experimentales obtenidos fueron sometidos a las siguientes pruebas estadísticas:

- Análisis de varianza para las diferencias (ADEVA).
- Comparaciones múltiples de las medias mediante la prueba de (Tukey).
- Determinación de las líneas de tendencias mediante el análisis de la regresión ortogonal por efecto de los niveles de ácido cítrico empleados.

2.6.1. Esquema del ADEVA

El esquema del Análisis de varianza empleado se indica en la tabla 2-2:

Tabla 2-2: Esquema del ADEVA

Fuente de variación	Grados de libertad
Total	15
Tratamiento	3
Error	12

Realizado por: Cayambe, J, 2023.

2.7. Proceso experimental

2.7.1. Teñido

La cantidad utilizada para teñir 200 gramos de hilo de ovino en forma de madeja se detalla a continuación:

- 35 litros de agua
- 4000 gr de achiote
- 200 g de hilado de ovino
- 5%, 10% y 15% de ácido cítrico (limón)

Procedimiento

De acuerdo con (Gálvez et al., 2012, p. 11) el procedimiento para el teñido del hilo de ovino con achiote utilizando diferentes niveles de ácido cítrico se detalla a continuación:

Paso 1.- Previamente preparamos un bolsito de tela o gasa, donde se colocó el achiote. Se llevó a cocción en una olla el achiote durante una hora hasta observar que suelte todo el tinte. Finalmente se agrega los niveles de ácido cítrico dispuestos en el estudio.

Paso 2.- Se colocó los gramos de hilado donde hirvió durante 30 minutos, removiendo con una cuchara de madera.

Paso 3.- Se apagó el calor y trasladamos la olla a un lugar frío con poca luz hasta que enfrié y se fije el color. Es recomendable tapar la solución con un mantel.

Paso 4.- Se enjuagó el hilo tinturado con agua fría varias veces, hasta que el agua esté cristalina para dejar secar bajo sombra.

2.8. Metodología de la evaluación

2.8.1. Determinación de pH

Para la determinación del pH según la (NTE INEN-ISO 10523, 2014, p. 9) el procedimiento a seguir es el siguiente:

1. Se calibra el pH-metro.
2. Se limpia el lector de medición con agua destilada.
3. Se coloca 10 ml de muestra en un vaso de precipitación.
4. Se introduce el lector al vaso de precipitación sin tocar el electrodo.
5. Se indican los datos.

2.8.2. Índice de refracción

Según la (NTE INEN 42, 1973, p. 3) el procedimiento a seguir es el siguiente:

1. Se limpia, se seca la tapa y el prisma del refractómetro.
2. Se coloca de 1-2 gotas de la muestra en el prisma sin formular burbujas de aire.
3. Se reparte homogéneamente la muestra en todo el prisma y se tapa.
4. Se coloca el refractómetro bajo la luz.

5. Establecen los resultados

2.9. En el hilo de ovino tinturado

2.9.1. Solidez a la luz

Para comprobar la solidez a la luz del hilo de ovino tinturado se realizó lo siguiente de acuerdo a la norma (AATCC Test Method 16, 2016, p. 2):

1. Las muestras de hilo tinturada cortar 10 cm de largo, se agrupa 10 muestras y se procede amarrar.
2. Agrupar las muestras y colocar en una caja de vidrio oscura con un foco infrarrojo durante 72 horas.
3. Observar en una paleta de colores si existe cambio de color en el hilo tinturado, donde se usa una escala de grises de 5 puntos (Excelente) a 1 punto (malo).

2.9.2. Resistencia a la tensión

Para la resistencia a la tensión del hilo de lana de ovino se basó en la (NTE INEN 1061, 2014, p. 2) donde establece que la lana es una determinada tención al estirarse hasta su ruptura. Esta característica es un parámetro de calidad en procesos como (cardado, peinado, tejido, etc.), lo cual se realizó el siguiente procedimiento:

- Se utiliza un dinamómetro, con una velocidad uniforme de separación de la mordaza de 100+/-20 mm/min.
- Luego preparan mordazas de hilo que deberán medir por lo menos, 40 mm en dirección de la carga, el objetivo es establecer una tensión de fuerza ejercida que sea constante cuando la probeta se inmoviliza esta se coloca entre las mordazas y en ningún caso estar fuera del mismo y se conectará el aparato de medición.
- Se procede a la lectura aplicada que debe localizarse en la parte de la escala que indique una calibración entre lecturas con un error máximo de 1%. El resultado es que el diámetro individual de cada lana, cave recalcar que durante el proceso industrial se producen quiebres en las secciones más finas de las fibras (baja calidad).

2.9.3. Porcentaje de elongación

Para el porcentaje de elongación del hilo de lana de ovino se basó en la (NTE INEN 1061, 2014, p. 2) donde establece que es la capacidad de un hilo de lana a estirarse y volver a su estado natural en un determinado tiempo, este ensayo se caracteriza por la distribución de fuerzas en toda la cuerda, ya que la probeta distribuye las fuerzas en diferentes direcciones, a continuación, se establece el procedimiento:

- Se corta una abertura de la muestra de hilo ovino, los extremos curvados de dos piezas en forma de "L" se colocan en la ranura practicada.
- Estas piezas fijadas se aplican con un ensayo de tracción.
- Se acciona el instrumento con las piezas en forma de "L" a velocidad constante en dirección perpendicular al lado mayor de la ranura causando el desgarramiento del hilo hasta su rotura total que indica el fin de la prueba.

2.10. Indicadores económicos

Para un análisis sobre la valoración de la optimización económica (costo por kilo de hilo producido) se debe aplicar la siguiente fórmula:

$$\text{Beneficio costo} = \frac{\text{Ingresos totales}}{\text{Egresos totales}}$$








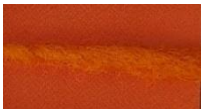
CAPÍTULO III

3. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

3.1. Comparación del color obtenido con tinte de achiote y diferentes niveles de ácido cítrico

En la tabla 3-1, de acuerdo a la norma (ISO 12647:2) se establecieron tres codificaciones de color para el hilo tinturado con achiote siendo: 223 rojo, 159 verde y 54 azul, con un color alba mandarina; con 5% de ácido cítrico el color codificado fue: 220 rojo, 151 verde y 83 azul; al emplear el 10% de ácido cítrico se estableció un código: 217 rojo, 139 verde y 45 azul; finalmente al adicionar el 15% de ácido cítrico se determinó un código: 193 rojo, 96 verde y 46 azul. Como se observa los niveles de ácido cítrico en el tinte presentaron un color mandarina en el hilo tinturado.

Tabla 3-1: Intensidad de colores (codificación)

Tratamiento	Color obtenido	Codificación	Color (ISO 12647:2)	Componente
Tinte de achiote		R: 223 G: 159 B: 54 Código hexadecimal (#DF9F36)		Este color se compone de 0% cyan, 45% magenta, 95% amarillo y 0% negro.
Tinte de achiote + 5% ácido cítrico		R: 220 G: 151 B: 83 Código hexadecimal (#DC9753)		Este color se compone de 0% cyan, 50% magenta, 77% amarillo y 0% negro.
Tinte de achiote + 10% ácido cítrico		R: 217 G: 139 B: 45 Código hexadecimal (#D98B2D)		Este color se compone de 0% cyan, 45% magenta, 95% amarillo y 0% negro.
Tinte de achiote + 15% ácido cítrico		R: 193 G: 96 B: 46 Código hexadecimal (#C1602E)		Este color se compone de 1% cyan, 74% magenta, 100% amarillo y 7% negro.

Fuente: (Color-hex, 2021)

Realizado por: Cayambe, J. 2023.

Con respecto a la variable del color, los hilos con diferentes tintes establecieron las siguientes particularidades; para (Muñoz et al. 2022, p. 49) en su investigación sobre el uso de achiote como colorante natural en la sustitución de tintes textiles artificiales, determinan que, al utilizar sulfato de cobre se obtiene un color rojo tenue a diferencia del uso de ácido cítrico que establece una coloración naranja con una mayor adherencia a la fibra; de igual forma, (Bonet et al., 2020, p. 5) analizan el proceso de teñido de lana por agotamiento con nanoarcillas utilizando extractos de achiote (*Bixa orellana*) donde indican que a una coloración con 25% de colorante a base de semillas de achiote en proporción 1:4 con nanoarcillas se intensifica el color, determinado la efectividad de las nanoarcillas como mordiente en el teñido con una mejor resistencia al efecto de la luz. Como se menciona en las investigaciones el colorante de las semillas de achiote en el teñido de lana es efectivo, respondiendo a que, sin importar la concentración del pigmento, la coloración depende mucho del mordiente utilizado debido a que la intensidad varia y en ciertos casos como sucede con las nanoarcillas, se puede obtener un hilo más resistente a la acción de los rayos UV y al desgaste.

3.2. Características fisicoquímicas del tinte de achiote y diferentes niveles de ácido cítrico.

En la tabla 3-2 se reportan los resultados caracterización fisicoquímica de la lana de ovino teñidas con pepa de achiote y diferentes niveles de ácido cítrico.

Tabla 3-2: Caracterización fisicoquímica de la lana de ovinos teñidas con pepa de achiote y diferentes niveles de ácido cítrico.

Parámetros	Niveles de ácido cítrico								EE	Prob.	CV
	0%		5%		10%		15%				
pH	6,48	a	6,38	a	6,35	a	6,23	a	0,10	0,379	3,06
Índice de refracción	2,28	a	1,28	b	1,13	b	1,00	b	0,16	0,0005	22,86

EE= Error Estadístico

CV: Coeficiente de variación

Prob= Probabilidad

Prob >0.05 no hay diferencias estadísticas

Prob <0.01 hay diferencias altamente significativas

Realizado por: Cayambe, J. 2023.

3.2.1. pH

Como se observa en la tabla 3-2, la variable de pH no presentó diferencias estadísticas ($P > 0.05$) por efecto de los niveles de ácido cítrico con medias que variaron de 6,23 a 6.48 cuando se empleó el 15% y el grupo control (0%), que se debe a la corta variación entre las concentraciones de ácido cítrico. Los resultados obtenidos presentan una tendencia neutra (pH 7); estos resultados son más altos a los estudiados por (Bonet, 2020, p. 2) quien identificó un pH de 3 a 4 en el proceso de teñido

de lana aplicando extractos de achiote y nanoarcillas para una mayor saturación de pigmentos; de igual forma (Rodas, 2021, p. 44) establece la importancia del pH para los procesos de tinturado destacando que para una mayor adherencia del colorante en la lana de ovino esta debe de situarse entre 3.5 a 5.0 de pH; esto se corrobora con lo señalado por (Obando, 2013, p. 4), quien menciona que en la coloración de la lana de cualquier procedencia, la solución utilizada debe contar con un pH de 5 como mínimo, para un adecuado control de la saturación e intensidad del color en el tinturado.

3.2.2. Índice de refracción

El índice de refracción del tinte de achiote registró diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) por efecto de los niveles de ácido cítrico empleados, evidenciando que el grupo control presenta un mayor refracción (2.28), pero a medida que se incrementan los niveles de ácido cítrico hasta 15% el índice disminuye a 1.00; mediante el análisis de regresión se presentó una tendencia cúbica en la ilustración 3-1, de acuerdo a los datos se deduce que al utilizar un 5% de ácido cítrico el índice de refracción se reduce considerablemente con respecto al grupo control y en los niveles superiores la refracción tiende a disminuir ligeramente por la concentración del tinte ya que a mayor contenido en la formulación el paso de la luz disminuye.

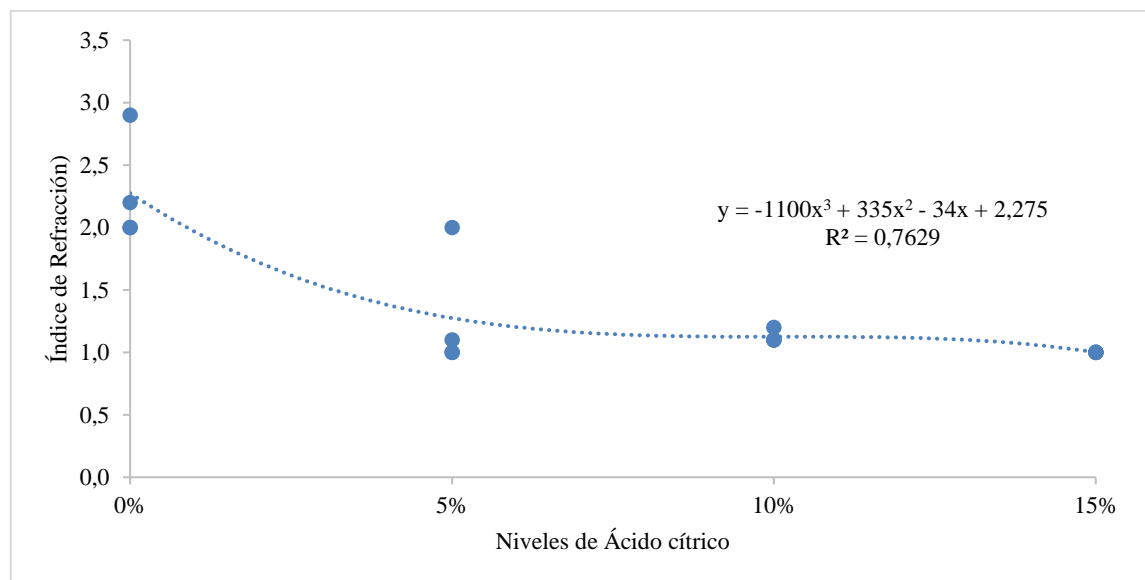


Ilustración 3-1: Índice de refracción del tinte de achiote con diferentes niveles de ácido

Realizado por: Cayambe, J. 2023.

De acuerdo a varios estudios donde extraen el tinte de achiote para la elaboración de tinturas; (Padró et al, 2016, p. 9), establece que al adicionar etanol para la extracción del tinte de achiote el índice de refracción disminuye concentrando el tinte natural; de igual manera, (Sánchez, 2015, p. 59),

al extraer tinte de las semillas de achiote empleando aceites esenciales obtiene un índice de refracción de 1.34; en cambio las respuestas obtenidas por (Barreno, 2020, p. 61) son ligeramente superiores con las del presente trabajo, indicando que al utilizar ácido cítrico en la extracción de tinte de la chonta, papaya y achiote se establecen índices de refracción entre 1.44 y 1.45. De acuerdo al estudio el índice de refracción obtenido indica un extracto de calidad por su bajo valor sobre la acción lumínica que se puede llegar a ejercer en la lana una vez tinturado el hilo determinando la calidad del achiote como colorantes naturales en el tinturado.

3.3. Características físico-mecánicas del hilo de ovino tinturado con pepa de achiote y diferentes niveles de ácido cítrico.

En la tabla 3-3 se reporta las características físico-mecánicas del hilo de ovino tinturada con tinte de achiote extraído con diferentes niveles de ácido cítrico, las que se analizan a continuación.

Tabla 3-3: Características físico-mecánicas del hilo de ovino tinturado con pepa de achiote y diferentes niveles de ácido cítrico.

Parámetros	Niveles de ácido cítrico								EE	Prob.	CV
	0%		5%		10%		15%				
Resistencia a la tensión, N/ cm ²	3763,47	a	2946,18	a	4112,72	a	3417,19	a	829,74	0,7828	46,62
Porcentaje de elongación, %	30,72	a	31,14	a	29,65	a	32,14	a	2,70	0,8930	17,34
Solidez a la luz, puntos	4,00	b	4,75	a	5,00	a	5,00	a	0,13	0,0003	5,33

EE= Error Estadístico

CV: Coeficiente de variación

Prob= Probabilidad

Prob >0.05 no hay diferencias estadísticas

Prob <0.01 hay diferencias altamente significativas

Realizado por: Cayambe, J. 2023.

3.3.1. Resistencia a la tensión

La resistencia a la tensión en el estudio indicó que al añadir ácido cítrico en el tinturado del hilo de ovino con colorante a base de achiote no se evidenció diferencias estadísticas ($P > 0.05$), con datos que variaron entre 2946,18 N/cm² y 4112,72 N/cm² cuando se empleó los niveles 5 y 10% de ácido cítrico respectivamente, asumiendo que el uso de ácido cítrico (limón) en el tinturado no actúa sobre la resistencia a la tensión del hilo de ovino y estos resultados puede deberse a la torsión que fue expuesta la lana en el proceso de hilado; (Núñez, 2021, p. 36), menciona las fibras

de origen animal presentan un sector definido de baja resistencia a la tracción en el proceso de hilado, en su caso al emplear amaranto y nogal en el tinturado natural de la fibra de alpaca la resistencia a la tensión llega hasta 1023.19N/cm^2 ; (Cunalata & Jiménez, 2019, p. 25) define que la tensión es la capacidad de las fibras para resistir la fuerza aplicada cuando se estira el tejido destacando que el lino puede llegar a tener una alta resistencia a la tensión siendo capaz de soportar grandes tracciones. De acuerdo con la investigación realizada la lana de ovino evidencia una mayor resistencia con respecto a la fibra de alpaca, pero una menor tensión en relación a fibras vegetales como el lino, estos factores pueden depender directamente de la calidad de las fibras, la forma en que se procesan y se hilan, así como la estructura del tejido o punto en el proceso del hilo.

3.3.2. Porcentaje de elongación

Con respecto al porcentaje de elongación no se registró diferencias significativas ($P>0.05$) al utilizar ácido cítrico en el proceso de tinturado con cada uno de los niveles aplicados, estableciendo un rango entre 29,65 y 32,14% de elongación; determinando que el tinte de achote con los diferentes niveles de ácido cítrico no influye en el porcentaje de elongación, cabe mencionar que la elongación es la capacidad de una fibra para recuperar su forma original después de ser sometida a una tensión, lo que significa volver a su forma original después de ser estirada (Elvira, 2009, p. 3).

Con relación a la investigación los resultados son inferiores a los obtenidos por (Vaca et al, 2020, p. 13) que al utilizar anilina y amaranto en el tinturado de lana de ovino obtuvieron de 71.25% a 71.05% de elongación respectivamente, esta variación se puede deber al contenido de queratina en la lana animal la cual permite mayor resistencia y flexibilidad, lo que le confiere una mayor capacidad para estirarse, recuperar su forma original y resistir el desgaste a la deformación; en cambio (Guerra, 2022, p. 40) indica valores similares a la investigación, donde al utilizar diferentes secciones de nogal en el tinturado determino un 30.75% de elongación en la fibra de alpaca. Aunque no se determinó significancias en el estudio, la elongación obtenida indica una menor capacidad de la lana de ovino a recuperar su forma original en relación a la fibra de alpaca sin importar la procedencia del tinte o mordiente utilizado, recalando que este efecto se debe más al tipo de fibra, proceso de hilado y a la estructura del tejido.

3.3.3. Solidez a la luz

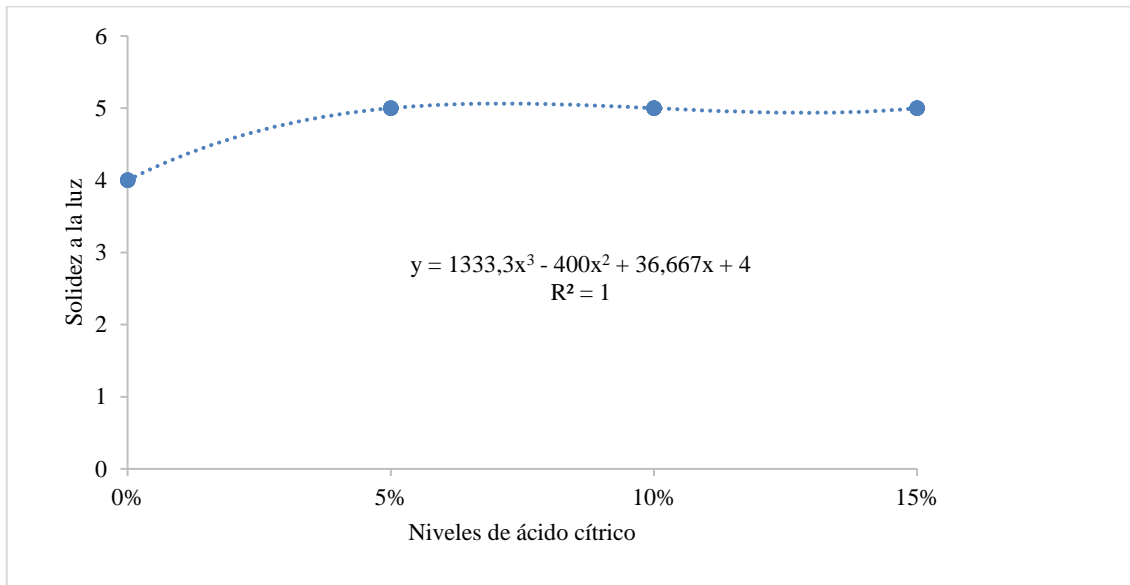


Ilustración 3-2: Solidez a la luz del tinte de achiote con diferentes niveles de ácido cítrico

Realizado por: Cayambe, J. 2023.

La solidez a la luz del hilo del grupo control (0%) presentó un valor de 4.00 puntos, mientras que al utilizar 10 y 15% de ácido cítrico en el tinturado los valores se incrementaron a 5.00 puntos indicando diferencias altamente significativas ($P < 0.01$), donde 1 indica que si existe un cambio de color y 5 que no existe cambio en la coloración, como se observa en la ilustración 3-2 mediante el análisis de regresión se determinó una tendencia cúbica, la cual establece, que a mayor uso de ácido cítrico la solidez a la luz incrementa; (Vaca et al, 2020, p. 13) es su estudio determinan que al utilizar tintes como la anilina y el amaranto en la lana de ovino se presenta una solidez de 3.6 puntos; de igual forma (Yépez, 2022, p. 85) revela que al utilizar mordientes naturales como: alumbre, crémor tártaro y sulfato de cobre, no se superan los 3 puntos de solidez; de acuerdo a los resultados el uso de 10 y 15% de ácido cítrico en el teñido de hilo de la lana de ovino con achiote permite obtener una mejor solidez a la luz; finalmente, (González, 2004, p. 71) menciona que la solidez de la luz se ve afectada por tres factores como: tipo de colorante, tipo de fibra y la concentración de tinte, estos determinan la resistencia del hilo a la decoloración. Como se observa en la investigación el uso de achiote como colorante natural evidencia una mayor incidencia en el tinturado del hilo y este efecto se mejora significativamente al utilizar ácido cítrico como mordiente ya que permite obtener una mayor resistencia al desgaste.

3.4. Análisis de costos de producción y Beneficio/Costo

Tabla 3-4: Análisis de Beneficio/Costo

Descripción	Unidad	Cantidad	Teñido con Achiote y Ácido cítrico			
			0%	5%	10%	15%
Materia Prima						
Lana de ovino			3,00	3,00	3,00	3,00
Agua	L	35,00	0,50	0,50	0,50	0,50
Detergente	Kg	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Achiote	Kg	2,25	3,47	3,47	3,47	3,47
Ácido cítrico (limón)	ml	300	0,00	0,50	1,00	1,50
Hilado	Kg	1,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Egresos totales, dólares			17,97	18,47	18,97	19,47
Total madejas de 200g	g	1	1	1	1	1
Costo prod/kg del hilo, dólares	\$/Kg	1,00	17,97	18,47	18,97	19,47
Precio de venta, dólares/kg	\$/Kg		20,00	21,00	22,00	22,50
INGRESOS TOTALES, dólares			20,00	21,00	22,00	22,50
BENEFICIO/COSTO			1,11	1,14	1,16	1,16

Realizado por: Cayambe, J. 2023.

Al analizar los egresos por la cantidad de hilo obtenido se establecieron los siguientes costos de producción: con el grupo control (sin ácido cítrico) se obtuvo 0,200 kg de hilo de ovino que represento 17.97 dólares, el cual fue incrementando de acuerdo a la cantidad de ácido cítrico utilizado en los tratamientos de 5, 10 y 15%; con respecto a estos resultados el uso de ácido cítrico ocasiona un aumento en los costos que demanda un mayor gasto en los niveles estudiados, cabe recalcar que este mordiente permite mejorar las características sensoriales del hilo de ovino para su venta.

Para establecer el beneficio costo se tomó en consideración los egresos utilizados y los ingresos percibidos, tomando en cuenta que, para el hilo de ovino se fijó un precio de acuerdo a la calidad (color), consiguiéndose las rentabilidades más altas cuando se utilizó el 10 y 15% de achiote en la preparación del tinte por cuanto los beneficios costos alcanzados fueron de 1.16 en cada caso y que representa que `por cada 1 invertido existirá una rentabilidad de 16 centavos o una rentabilidad del 16%, mientras que sin la edición del ácido crítico su rentabilidad fue de apenas el 11%; por lo que económicamente se puede indicar que la utilización entre el 10 y el 15% de ácido cítrico de la preparación del tinte de pepa de achiote presenta las mejores respuestas económicas así como los mayores índices de solidez a la luz, característica que está en el hilo sea más atractiva hacia los consumidores.

CONCLUSIONES

- El pH del tinte de la pepa de achiote no se vio afectado por los niveles de ácido cítrico utilizados, en cambio el Índice de refracción se fue reduciendo a medida que se incrementaba el nivel de ácido cítrico de 2,28 con el nivel 0% a 1.00 con el 15%.
- Los niveles de ácido cítrico empleados en la elaboración del tinte de pepa de achiote no influyeron en la resistencia a la tensión y el porcentaje de elongación del hilo teñido, presentando respuestas de 3559,89 N/ cm² y 30,91%, respectivamente. En cambio, la solidez a la luz mejores respuestas se obtuvieron cuando se utilizó entre 10 y 15% de ácido cítrico.
- En los análisis experimentales al emplear el 10 y 15% de adición de ácido cítrico se obtienen los mayores costos de producción, pero el hilo obtenido es de mejor calidad por lo que su precio se incrementa estableciendo rentabilidades de hasta 16%.

RECOMENDACIONES

- Utilizar entre el 10 y 15% de ácido cítrico en la elaboración del tinte de achiote por cuanto permite obtener un hilo de mejor calidad en base a la solidez a la luz y económicamente rentable.
- Aplicar diferentes mordientes en el tinturado del hilo de la lana de ovino con tinte de achiote para establecer las diferencias en las pruebas mecánicas del hilo entre la resistencia a la tensión y el porcentaje de elongación.
- Difundir entre pequeños y medianos productores de lana de ovino la utilización del tinte de achiote combinado con ácido cítrico para que se puedan generar un valor agregado en sus productos.

BIBLIOGRAFÍA

ANDRADE, Carlosama. “TINTURADO ARTESANAL DE HILO DE LANA DE OVEJA CON COLORANTE NATURAL BACCHARIS LATIFOLIA (CHILCA) PARA ELABORAR ACCESORIOS DE VESTIR FEMENINOS”. *repositorio.utn.edu.ec*. [En línea] 4 de Julio de 2016.

<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/5354/1/04%20DTM%20015%20TESIS%20DE%20GRADO.pdf>.

ACT Voluntary Performance Guidelines. Colorfastness to Light . *contracttextiles.org*. [En línea] 5 de Julio de 2016. https://contracttextiles.org/wp-content/uploads/2016/12/act_colorfastness_080714_2.pdf.

AGUIRRE, Z; et al. *Principales Familias de arboles arbustos y hierbas del sur del Ecuador*. 2013, págs. 1-112.

BATISTA, Paula. GENERALIDADES DEL BIENESTAR ANIMAL EN LA PRODUCCIÓN DE OVINOS Y CAPRINOS. *www.researchgate.net*. [En línea] Julio de 2022. https://www.researchgate.net/publication/363919437_GENERALIDADES_DEL_BIENESTAR_ANIMAL_EN_LA_PRODUCCION_DE_OVINOS_Y_CAPRINOS#pf9.

BONET, María. *TEÑIDO DE LANA POR AGOTAMIENTO CON NANOARCILLAS Y EXTRACTOS DE ACHIOTE (BIXA ORELLANA)*. 22, España: Revista Científica de Investigación, Docencia y Proyección Social. , 2020, Vol. 1. 2550-6684.

CÁRDENAS, Solórzano. “EVALUACIÓN DEL AMARANTO EN LA TINTURA DE LANA DE OVINOS CON DIFERENTES VALORES DE PH UTILIZANDO SUERO DE LECHE” . *dspace.esPOCH.edu.ec*. [En línea] 4 de Mayo de 2010. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/809/1/27T0169.pdf>.

CUNALATA, Edwin y JIMÉNEZ, Celso. 2019. “CARACTERIZACIÓN DE UN MATERIAL COMPUESTO DE MATRIZ POLIÉSTER REFORZADA CON FIBRA DE YUTE PRECARGADA MEDIANTE MOLDEO POR COMPRESIÓN.” . *bibdigital.epn.edu.ec*. [En línea] Mayo de 2019. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/20421/1/CD%209900.pdf>.

COLOR-HEX. Analizador de Color . *www.color-hex.com*. [En línea] Mayo de 2021. <https://www.color-hex.com/color/f9f3c1>.

DÁVALOS, Fernanda. La industria de la moda: la segunda más contaminante del mundo. *unamglobal.unam.mx*. [En línea] 1 de Enero de 2022. https://unamglobal.unam.mx/global_revista/la-industria-de-la-moda-la-segunda-mas-contaminante-del-mundo/.

DELAMARE, G. Los colores. . *Historia de los pigmentos y colorantes*. . [En línea] 2000. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2270/1/27T0199.pdf>.

DIRECCIÓN DE EDUCACIÓN AGRARIA. [En línea] 2021. https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_ovina/produccion_ovina/146-MANUAL_DE_OVINOS.pdf.

DUQUE, Enio; et al. *CARACTERIZACIÓN FENOTÍPICA, GENOTÍPICA Y ENSAYOS DE AUTOPOLINIZACIÓN EN 18 ACCESIONES DE ACHIOTE (Bixa orellana L.) EN COSTA RICA.*. 2, Costa Rica : Agronomía Costarricense, 2022, Vol. 46. 0377-9424.

ELVIRA, Mario. *DE QUÉ ESTÁ HECHA LA LANA Y PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS TEXTILES*. 2, Patagonia : Sitio Argentino de Producción Animal , 2009, Vol. 1. 000000.

FARINANGO, Wilman. “EL BARRO COMO COMPONENTE DE TINTURA EN UNA PRENDA 100 % ALGODÓN.”. *repositorio.utn.edu.ec*. [En línea] 15 de Mayo de 2019. <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/9359/2/04%20IT%20245%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>.

FERNÁNDEZ, Mariana. Origen de la Oveja. *Animales y Biología*. [En línea] 03 de 10 de 2017. <https://animalesbiologia.com/mamiferos/artiodactilos/oveja-domestica>.

FIGUEROA, Neri. 1995. Colección y caracterización de diferentes materiales de achiote (*Bixa orellana L.*) . [En línea] 1995.

GALLEGOS, Claudin. “ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN SOMACLONAL DE PLANTAS MICROPROPAGADAS DE ACHIOTE (*Bixa orellana L.*)”. *cicy.repositorioinstitucional.mx*. [En línea] 2 de Enero de 2020.

https://cicy.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1003/1834/1/PCB_M_Tesis_2020_Claudine_de_Jes%C3%BA_Gallegos_Brito.pdf.

GÁLVEZ, Verónica; et al. Conociendo sobre la fibra de alpaca y los teñidos naturales. *www.ecosfron.org*. [En línea] 7 de Julio de 2012. http://www.ecosfron.org/sumamanuela/wp-content/uploads/Manual_tenido.pdf.

GONZÁLEZ, Rosario. 2004. “Obtención de una Correlación entre la Norma AATCC 16-E, Solidez del Color a la Luz en Fibras Textiles, y la Degradación de Color con Láser”. *cio.repositorioinstitucional.mx*. [En línea] 2 de Mayo de 2004. <https://cio.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1002/735/1/10260.pdf>.

GINÉS, S. CLASIFICACIÓN DE LAS LANAS . *Sitio Argentino de Producción Animal* . [En línea] 2011. https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_ovina/produccion_ovina_lana/23-CLASIFICACION.pdf.

GUERRA, W. TINTURADO DE LA FIBRA DE ALPACA UTILIZANDO DIFERENTES PARTES DE LA PLANTA DEL NOGAL. *ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO*. [En línea] 2022.

Guirola, C. 2010. Tintes naturales y su uso en Mesoamérica desde la época prehispánica. *Guatemala: Asociación Flaar Mesoamérica*. [En línea] 2010.

GUITIÉRREZ, Fernando. Módulos Didácticos Basados en la Fenomenología de la luz y la Óptica, para estudiantes de 1° medio. *Universidad de la Concepción, Santiago, Chile*. [En línea] 2016. http://repositorio.udec.cl/bitstream/11594/3076/4/tesis_Modulos_Didacticos_basados_en_la_fe.

INEN 1 061. CUEROS. RESISTENCIA A LA TRACCIÓN, PORCENTAJE DE ALARGAMIENTO DEBIDO A UNA CARGA DETERMINADA Y PORCENTAJE DE ALARGAMIENTO A LA ROTURA. . *www.normalizacion.gob.ec*. [En línea] 4 de Enero de 1984. <https://archive.org/details/ec.nte.1061.1984>.

NTE INEN 42. *www.normalizacion.gob.ec*. [En línea] 2 de Mayo de 1973. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/42.pdf>.

NTE INEN-ISO 10523 . CALIDAD DEL AGUA. DETERMINACIÓN DEL PH .
www.normalizacion.gob.ec. [En línea] 4 de Abril de 2014.
<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/10523-UNIDO-EX.pdf>.

NTE INEN-ISO 12647-2. 2014. TECNOLOGÍA GRÁFICA - CONTROL DEL PROCESO PARA LA PRODUCCIÓN DE SEPARACIONES DE COLOR EN MEDIO TONO, IMPRESIONES DE PRUEBA Y DE PRODUCCIÓN - PARTE 2: PROCESO LITOGRAFÍA OFFSET (ISO 12647-2:2004, IDT). *www.normalizacion.gob.ec*. [En línea] 2 de Julio de 2014.
<https://www.yumpu.com/es/document/read/66299576/normativa-iso-12647>.

JARAMILLO, H. Textiles y tintes (1a ed.). *Cuenca: Centro Interamericano de Artesanías y Artes Populares (CIDAP)*. [En línea] 1988.

MERA, A. Proyecto de factibilidad para la producción y exportación de achiote al mercado japonés periodo 2006-2015. *Universidad Tecnologica Equinoccial*. [En línea] 2007.

MORALES, Pilar. "Textiles Naturales y sus Tintes". *Insenia Design School Madrid (INSENIA)*. [En línea] 09 de 04 de 2021. <https://www.insenia.org/l/textiles-naturales-y-sus-tintes-1%C2%AA-parte/>.

NARCISO, L. Manual para la producción del achiote (Bixa orellana L.). [En línea] 2012.

NÚÑEZ, Alisson. "AMARANTO Y NOGAL PARA EL TEÑIDO DE LA FIBRA DE ALPACA". *dspace.espace.edu.ec*. [En línea] 5 de Septiembre de 2021.
<http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/15530/1/27T00483.pdf>.

OBANDO, PORTILLO, Ruth, Elizabeth. Tintura Alternativa En Hilos De Lana Con Colorantes Naturales. *repositorio.utn.edu.ec*. [En línea] 5 de Mayo de 2013.
<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/2300/2/Reporte%20T%C3%A9cnico%20en%20Español-Ingles.pdf>.

OVIespaña. Clasificación de los principales tipos de lana . *oviespana.com*. [En línea] 14 de 01 de 2015. <https://www.oviespana.com/Articulos/283356-Clasificacion-de-los-principales-tipos-de-lana-obtenidos-en-el-sector-ovino-espanol.html>.

PALACIOS, Cecilia & ULLAURI, Narcisa. *Revalorización de métodos ancestrales de tinturado natural en las provincias de Loja y Azuay del sur de Ecuador.* 2020, Siembra, vol. 7, núm. 1, pág. 1.

PALACIOS, OCHOA, Rosa, Cecilia & RODAS, FARFÁN, María, Isabel. Ensayos para la obtención de tintes naturales a partir de raíces de plantas. Aplicación en fibras textiles de algodón y lana. *dspace.uazuay.edu.ec.* [En línea] 4 de Enero de 2021. <https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/11079>.

PADRÓ, LOURDES, López, Tania & NUVIOLA, Danelis. *Caracterización preliminar de tinturas al 10 % de Bixa orellana l. 1,* Santiago de Cuba : Revista cubana , 2017, Vol. 29. 2224-5421.

PÉREZ, M & BECERRA, R. Manejo Campesino de Recursos Naturales. El Achiote. *Boletín Bimestral de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.* 7 (46): 7-11. [En línea] 2003.

ROJAS, Maliza & LESCANO, Sandra. “Producción y exportación de hilo de lana de ovino teñido con tintes vegetales como factor de desarrollo sostenible de las 13 asociaciones de artesanos ubicadas en el distrito de Incahuasi, provincia de Ferreñafe, región Lambayeque”. *repositorio.unprg.edu.pe.* [En línea] 5 de Enero de 2018. <https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/4470/BC-TES-TMP-3292.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

ROSAS, Angel. La Lana de Ovino como material Aislante: Natural, Renovable y Sostenible. *upcommons.upc.edu.* [En línea] 2016. https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/84043/memoria_Y3698583J_1454367601159.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

SÁENZ, Alcides. Ovinos y Caprinos. *Universidad Nacional Agraria.* [En línea] 2007. <https://cenida.una.edu.ni/textos/nl01s127o.pdf>.

SALAZAR, Mario. Uso de colorantes alimentarios (artificiales y naturales) y su impacto en la salud: revisión de la literatura. *dspace.unach.edu.ec.* [En línea] 29 de Septiembre de 2022. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/9714>.

SÁNCHEZ, Maura. OBTENCIÓN DE TONALIDADES AZULES A PARTIR DE LA EXPERIMENTACIÓN EN EL TINTURADO NATURAL DE LANA DE OVEJA. *UNIVERSIDAD DEL AZUAY.* [En línea] 2020. <file:///C:/Users/USUARIO/Documents/OCTAVO/PERFIL/15645Documento.pdf>.

SÁNCHEZ, Monica. Achiote: características, cuidados y más. *www.jardineriaon.com.* [En línea] JARDINERIAON, 23 de Septiembre de 2021. <https://www.jardineriaon.com/achiote.html>.

SÁNCHEZ, Valeria. “OBTENCIÓN DE UN EXTRACTO ACUOSO CON PROPIEDAD HIPOGLUCEMIANTE A PARTIR DE LAS SEMILLAS DEL ACHIOTE (*Bixa orellana* Linn) PARA EL TRATAMIENTO DE LA DIABETES, Machala 2014”. *repositorio.utmachala.edu.ec.* [En línea] 5 de Agosto de 2015. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/2835/3/CD000026-TRABAJO%20COMPLETO.pdf>.

SOSTENIBILIDAD, INSTITUTO NACIONAL DE. ACHIOTE. *web.ins.gob.pe.* [En línea] 2 de Mayo de 2021. https://web.ins.gob.pe/sites/default/files/Archivos/censi/Achiote_Vademecum.pdf.

TERRAZAS, Eduardo. “Teñido de textiles con tintes naturales”. [En línea] 2012. <https://www.yumpu.com/es/document/view/13279429/recetario-de-tintes-naturales-descarga-pdf-materia-pendiente..>

TRILLO, Cecilia & DEMAIO, Pablo. “Tintes Naturales”. [En línea] 2013. <http://telaresdelsurcba.blogspot.com/2008/09/libro-sobre-tintes-naturales-de-cecilia..>

TINOCO, Gómez, O. *Cadena productiva de lana de oveja en el sector textil y de confecciones.* 2, Lima, Perú : s.n., 2009, Industrial Data - Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial, Vol. Vol. 12, págs. 73-80.

UNION EUROPEA. El impacto de la producción textil y de los residuos en el medio ambiente (infografía). *www.europarl.europa.eu.* [En línea] Parlamento Europeo, 29 de Diciembre de 2020. <https://www.europarl.europa.eu/news/es/headlines/society/20201208STO93327/el-impacto-de-la-produccion-textil-y-de-los-residuos-en-el-medio-ambiente#:~:text=Seg%C3%BAAn%20las%20estimaciones%2C%20la%20producci%C3%B3n,que%20acaban%20en%20los%20oc%C3%A9anos..>

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA. [En línea] 2022.
https://www.uco.es/zootecniaygestion/img/datos/07_11_59_TEMA39.pdf.

VACA, M; et al. *Aplicación de diferentes tintes naturales para la obtención de hilo orgánico de lana de ovino.* 2020, Dialnet, págs. 9-10.

VELE, Marithza. "Determinación de colorantes naturales textiles" . *Universidad del Azuay.* [En línea] 2017. <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/7083/1/13029.pdf>.

VÉLIZ, F. Determinación del incremento anual (IMA) e índice de sitio de diferentes especies forestales en el Bosque Protector Prosperina- ESPOL. *Escuela Superior Politecnica del Litoral.* [En línea] 2010. <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/19134>.

VILLANUEVA, Alicia. Teñidos naturales. [En línea] 2012.
http://www.ecosfron.org/sumamanuela/wp-content/uploads/Manual_tenido.pdf.

YÉPEZ, Jomayra. 2022. “APLICACIÓN DEL EXTRACTO DE ORTIGA MAYOR (URTICA DIOICA) A ESCALA DE LABORATORIO COMO TINTE NATURAL EN TEJIDO DE PUNTO JERSEY 100% ALGODÓN”. *repositorio.utn.edu.ec.* [En línea] 4 de Enero de 2022.
<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/12404/2/04%20IT%20299%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>.

ZARUMA, Pablo; et al. *Los Colorantes Textiles Industriales Y Tratamientos Óptimos De Sus Efluentes De Agua Residual: Una Breve Revisión.* 19, Mexico : Revista de la Facultad de Ciencias Químicas, 2018. 1390-1869.

ZUÑIGA, ROSERO, Jessica, Alexandra. “EVALUACIÓN DE TRES NIVELES DE SULFATO DE CROMO EN LA FIJACIÓN DE ANILINA PARA TINTURAR LANA DE OVINOS”. *dspace.esPOCH.edu.ec.* [En línea] 4 de Julio de 2011.
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2270/1/27T0199.pdf>



ANEXOS

ANEXO A: ESTADÍSTICA DEL PH DEL TINTE OBTENIDO DE LAS PEPAS DE ACHIOTE CON DIFERENTES NIVELES DE ÁCIDO CÍTRICO

Análisis de varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
pH	16	0,22	0,02	3,06

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,13	3	0,04	1,12	0,3790
Ácido cítrico	0,13	3	0,04	1,12	0,3790
Error	0,45	12	0,04		
Total	0,58	15			

Separación de medias según la prueba de Tukey

Error: 0,0377 gl: 12

Ácido cítrico	Medias	n	E.E.	
0%	6,48	4	0,10	A
5%	6,38	4	0,10	A
10%	6,35	4	0,10	A
15%	6,23	4	0,10	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

ANEXO B: ESTADÍSTICA DEL ÍNDICE DE REFRACCIÓN OBTENDIO DE PEPA DE ACHIOTE CON DIFRENTES NIVELES DE ÁCIDO CÍTRICO.

Análisis de varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
I. Refracción	16	0,76	0,70	22,86

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	4,06	3	1,35	12,87	0,0005
Ácido cítrico	4,06	3	1,35	12,87	0,0005
Error	1,26	12	0,11		
Total	5,32	15			

Separación de medias según la prueba de Tukey

Error: 0,1052 gl: 12

Ácido cítrico	Medias	n	E.E.	
0%	2,28	4	0,16	A
5%	1,28	4	0,16	B
10%	1,13	4	0,16	B
15%	1,00	4	0,16	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

ANEXO C: ESTADÍSTICA DE LA RESISTENCIA A LA TENSIÓN (N/ CM²) DEL HILO DE OVINO TEÑIDA CON PEPA DE ACHIOTE Y DIFERENTES NIVELES DE ÁCIDO CÍTRICO.

Análisis de varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Resistencia a la tensión N/cm ²	16	0,08	0,00	46,62

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	2976282,09	3	992094,03	0,36	0,7828
Ácido cítrico	2976282,09	3	992094,03	0,36	0,7828
Error	33046305,36	12	2753858,78		
Total	36022587,44	15			

Separación de medias según la prueba de Tukey

Error: 2753858,7799 gl: 12

Ácido cítrico	Medias	n	E.E.	
0%	4112,72	4	829,74	A
5%	3763,47	4	829,74	A
10%	3417,19	4	829,74	A
15%	2946,18	4	829,74	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

ANEXO D: ESTADÍSTICA DEL PORCENTAJE DE ELONGACIÓN (%) DEL HILO DE OVINO TEÑIDA CON PEPA DE ACHIOTE Y DIFERENTES NIVELES DE ÁCIDO CÍTRICO.

Análisis de varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Porcentaje de elongación (%)	16	0,05	0,00	17,34

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	17,70	3	5,90	0,20	0,8930
Ácido cítrico	17,70	3	5,90	0,20	0,8930
Error	350,3612	12	29,20		
Total	368,0615	15			

Separación de medias según la prueba de Tukey

Error: 29,1968 gl: 12

Ácido cítrico	Medias	n	E.E.	
0%	32,14	4	2,70	A
5%	32,14	4	2,70	A
10%	30,72	4	2,70	A
15%	29,65	4	2,70	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

ANEXO E: ESTADÍSTICA DE LA SOLIDEZ A LA LUZ (PUNTOS) DEL HILO DE OVINO TEÑIDA CON PEPA DE ACHIOTE Y DIFERENTES NIVELES DE ÁCIDO CÍTRICO.

Análisis de varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Solidez a la luz	16	0,78	0,73	5,33

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	2,69	3	0,90	14,33	0,0003
Ácido cítrico	2,69	3	0,90	14,33	0,0003
Error	0,75	12	0,06		
Total	3,44	15			

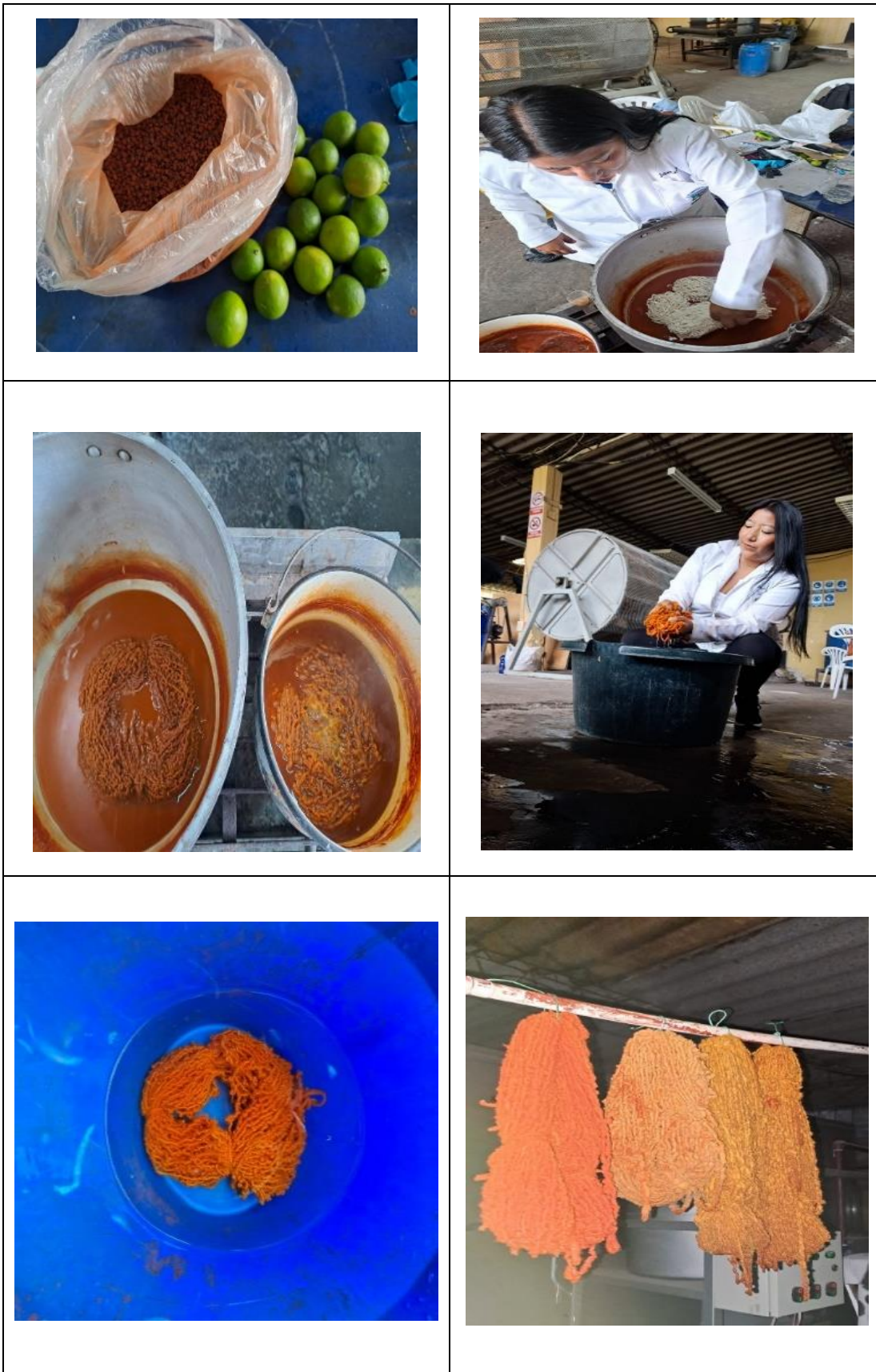
Separación de medias según la prueba de Tukey

Error: 0,0625 gl: 12

Ácido cítrico	Medias	n	E.E.	
0%	5,00	4	0,13	A
5%	5,00	4	0,13	A
10%	4,75	4	0,13	A
15%	4,00	4	0,13	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

ANEXO F: TEÑIDO DEL HILO DE OVINO CON PEPA DE ACHIOTE Y DIFERENTES NIVELES DE ÁCIDO CÍTRICO.



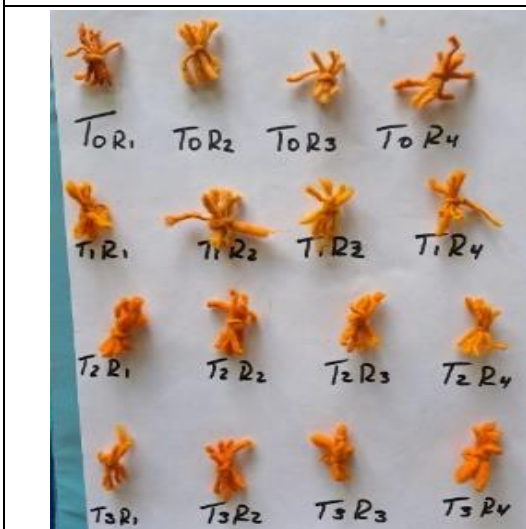
Tratamientos



ANEXO G: PRUEBAS DE PH E ÍNDICE DE REFRACCIÓN EN LOS TINTES CON PEPA DE ACHIOTE Y DIFRENTES NIVELES DE ÁCIDO CÍTRICO.



ANEXO H: PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA TENSIÓN, ELONGACIÓN Y SOLIDEZ A LA LUZ DEL HILO TINTURADA CON PEPA DE ACHIOTE Y DIFRENTES NIVELES DE ÁCIDO CÍTRICO.





JOHANA ARACELY CAYAMBE LLUGUAY
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO



DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL APRENDIZAJE
UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 30/ 10 / 2023

INFORMACIÓN DE LOS AUTORES
Nombres – Apellidos: Johana Aracely Cayambe Lluquay
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias Pecuarias
Carrera: Agroindustria
Título a optar: Ingeniera Agroindustrial
f. Analista de Biblioteca responsable:  Ing. Fernanda Arévalo M.



1808-DBRA-UPT-2023