

ELABORACIÓN DE TINTES PARA LANA OVINA UTILIZANDO DIFERENTES TIPOS DE MICROORGANISMOS ASILADOS DE BOSQUES PRIMARIOS DE LA ZONA 3

PREPARATION OF DYES FOR SHEEP WOOL USING DIFFERENT TYPES OF MICROORGANISMS ISOLATED FROM PRIMARY FORESTS IN ZONE 3

Angela Martínez¹, Iván Flores², Julio Llerena³, Luis Tello⁴, Christian Flores⁵

{martinezdiazangelapatricia@gmail.com¹, c_flores@esPOCH.edu.ec², julio.llerena@esPOCH.edu.ec³, luis.tellof@esPOCH.edu.ec⁴, giovanni.flores@esPOCH.edu.ec⁵}

Fecha de recepción: 01/03/2026 / Fecha de aceptación: 17/03/2026 / Fecha de publicación: 31/03/2026

RESUMEN: Esta investigación aborda el problema de encontrar alternativas sostenibles a los tintes sintéticos en la industria textil por el uso de tintes naturales elaborados con bacterias acéticas, lácticas y levaduras, combinados con tintes de jamaica, achiote y sangoracha, para teñir lana ovina de manera más amigable con el ambiente. El objetivo fue elaborar tintes para lana ovina utilizando diferentes tipos de microorganismos aislados de bosques primarios de la zona 3, buscando determinar su viabilidad para aplicaciones comerciales, se realizó creando los medios de cultivo de microorganismos certificando su crecimiento para la elaboración de tintes extrayendo los tintes de las diferentes plantas procediendo a teñir por el método de inmersión. Los resultados se encontró que los tintes preparados con bacterias acéticas, especialmente en combinación con achiote, demostraron una mayor solidez a la luz obteniendo puntaje de 4 puntos considerando una tintura muy buena debido a la bixina, un carotenoide que proporciona colores intensos y duraderos, mientras que las pruebas de resistencia a la tensión obteniendo valores entre 93,33 N/cm^2 hasta 137,42 N/cm^2 y lastometría con valores homogéneos de 10,07 mm demostraron que el teñido no afectó la capacidad de la lana para soportar cargas. En conclusión, los tintes naturales actúan excelente en lanas ovinas en especial los tintes elaborados con bacterias acéticas ya que ofrecen una excelente opción para aplicaciones que requieren alta resistencia a la exposición lumínica y a su vez sin afectar su

¹Investigador Independiente; Ecuador; <https://orcid.org/0009-0006-0391-7115>

²Facultad de Ciencias Pecuarias, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo – Ecuador, <https://orcid.org/0000-0002-2629-0582>

³Facultad de Ciencias Pecuarias, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo – Ecuador, <https://orcid.org/0000-0001-9434-184X>

⁴Facultad de Ciencias Pecuarias, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo – Ecuador, <https://orcid.org/0000-0002-7642-7049>; +5930984301632

⁵Facultad de Mecánica, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo – Ecuador, <https://orcid.org/0000-0003-0132-8326>; +593979144649

estructura. Como recomendación, se sugiere continuar explorando concentraciones de tintes naturales para optimizar la calidad y durabilidad en aplicaciones textiles.

Palabras clave: Tintes naturales, lana ovina, microorganismos, sustentabilidad textil, biotecnología textil

ABSTRACT: This research addresses the problem of finding sustainable alternatives to synthetic dyes in the textile industry by using natural dyes produced with acetic acid bacteria, lactic acid bacteria, and yeasts, combined with hibiscus, annatto, and amaranth dyes, to dye sheep's wool in a more environmentally friendly manner. The objective was to develop dyes for sheep's wool using different types of microorganisms isolated from primary forests in zone 3, seeking to determine their viability for commercial applications. This was achieved by creating culture media for microorganisms, certifying their growth for dye production, extracting dyes from the different plants, and proceeding to dye using the immersion method. The results found that dyes prepared with acetic acid bacteria, especially in combination with annatto, demonstrated greater lightfastness, obtaining a score of 4 points, considered a very good dye due to bixin, a carotenoid that provides intense and durable colors. Meanwhile, tensile strength tests, obtaining values between 93.33 N/cm² and 137.42 N/cm², and bursting strength tests with homogeneous values of 10.07 mm demonstrated that the dyeing process did not affect the wool's ability to withstand loads. In conclusion, natural dyes perform excellently on sheep's wool, especially dyes produced with acetic acid bacteria, as they offer an excellent option for applications requiring high resistance to light exposure without affecting its structure. As a recommendation, it is suggested to continue exploring concentrations of natural dyes to optimize quality and durability for textile applications.

Keywords: Natural dyes, sheep wool, microorganisms, textile sustainability, textile biotechnology

INTRODUCCIÓN

La industria textil es uno de los sectores con mayor impacto ambiental a nivel global, especialmente debido al uso intensivo de tintes sintéticos en los procesos de coloración. Estos compuestos químicos, derivados principalmente de fuentes petroquímicas, no solo generan altos niveles de contaminación en cuerpos hídricos, sino que también pueden presentar riesgos para la salud humana y la biodiversidad (1). En respuesta a esta problemática, ha surgido un creciente interés por alternativas más sostenibles, entre las cuales los tintes naturales ocupan un lugar destacado.

Los tintes comerciales son una sustancia sometida a un determinado proceso químico en el que se le añade un colorante. Existen diferentes tipos de tintes textiles realizados dependiendo de los siguientes: en composición química y en métodos de aplicación, por ejemplo, ácido, catiónico, directo, disperso, azo, reactivo y azufre. Mientras que los tintes naturales más antiguos se

fabrican por el hombre, derivan de plantas, animales, etc. Comercialmente se considera que los tintes más antiguos y comerciales son más brillantes, duraderos, pero menos sostenibles que los naturales (2).

Los tintes comerciales son elaborados por el ser humano utilizando componentes químicos, mientras que los tintes naturales provienen de fuentes como plantas, animales o minerales, los tintes comerciales suelen ser más brillantes y duraderos en comparación con los naturales, aunque estos últimos son más ecológicos y sostenibles. La elección entre ambos dependerá, por supuesto, de las preferencias respecto al color, la durabilidad y el impacto ambiental (2).

Cabe mencionar algunas características de los tintes existentes: los tintes sintéticos son eficaces y económicos, pero más tóxicos, los tintes naturales son menos tóxicos para la salud humana y el medio ambiente, pero mucho menos económicos (1).

Para (3), las principales características de la lana son: diámetro, color, largo, resistencia.

El diámetro de la lana es la característica más importante que determina su uso final y valor de mercado. Este aspecto afectará al 80% del precio de la lana, ya que el diámetro medio es ideal para tejidos de peso medio, mientras que las lanas más gruesas se utilizan principalmente para alfombras, además, el diámetro del pelo no es el mismo en todo el cuerpo del animal y varía

según la región (3). El diámetro de la lana puede verse afectado por varios factores, como la raza del animal, el sexo y la dieta; desde el punto de vista étnico, existen diferencias significativas, por ejemplo, entre la lana merino y la lana Romney, ya que la primera produce una lana más fina. En cuanto al sexo, los carneros suelen tener una lana más gruesa que los capones y las ovejas. La nutrición también es crucial: una dieta rica favorece la lana más gruesa, mientras que la falta de nutrición da como resultado lana más fina. Estos factores muestran cómo la calidad y las propiedades de la lana están influenciadas por factores genéticos y ambientales, siendo el diámetro el principal factor para determinar su

valor y uso final (3). Esta investigación busca ofrecer una alternativa sostenible a los tintes sintéticos utilizados en la industria textil, los cuales generan impactos ambientales negativos y altos costos. El estudio se enfoca en la elaboración de tintes naturales a partir de microorganismos aislados de bosques primarios de la zona 3 de Ecuador, combinados con tintes de plantas como achiote (*Bixa orellana*), flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) y sangoracha (*Amaranthus caudatus*). Se seleccionaron bacterias lácticas, acéticas y levaduras por sus propiedades tintóreas y su capacidad de producir colores intensos y estables.

El proceso incluyó la caracterización de los tintes según parámetros como el pH, el color y la solidez a la luz, utilizando estándares internacionales para asegurar su calidad y reproducibilidad. Además, se evaluó la lana ovina tinturada para determinar su resistencia a la tensión, elongación, lastometría y aspecto. Los resultados indicaron que los tintes naturales, especialmente los elaborados con bacterias acéticas y achiote, mostraron excelentes propiedades de durabilidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en dos instalaciones: el Laboratorio de Ciencias Biológicas y el Laboratorio de Curtiembre y Fibras Agroindustriales, pertenecientes a la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, ubicada en la avenida Panamericana Sur km 1 ½, ciudad de Riobamba, provincia de Chimborazo, Ecuador. La fase de muestreo microbiológico se llevó a cabo en bosques primarios de la denominada Zona 3 de Ecuador (que comprende las provincias de Chimborazo, Tungurahua, Cotopaxi y Pastaza). El muestreo específico se realizó en un bosque nublado de la provincia de Chimborazo, ubicado en las coordenadas 1°39'46"S 78°39'14"W, a una altitud de 3.150 msnm. La zona presenta un clima templado-frío, con una temperatura media anual de 12-15°C y una precipitación anual promedio de 800-1.200 mm. La investigación tuvo una duración total de 120 días.

Se evaluaron 10 tratamientos, resultantes de la combinación de tres tipos de microorganismos (bacterias lácticas, bacterias acéticas, levaduras) con tres extractos vegetales (Jamaica, Achiote, Sangoracha), más un control con tinte comercial sintético (ácido). El diseño experimental fue un Diseño Completamente al Azar (DCA) con 5 repeticiones por tratamiento. La Unidad Experimental (U.E.) consistió en 120 gramos de mecha de lana por tanto el esquema de tratamientos se detalla en la Tabla 1.

Tabla 1. Esquema del experimento.

Code	Treatment	Replication	T.U.E	Total
T0	Tinte Comercial	5	120 gr	600 gr
T1	Bacterias Lácticas + Jamaica	5	120 gr	600 gr
T2	Bacterias Lácticas + Achiote	5	120 gr	600 gr
T3	Bacterias Lácticas + Sangoracha	5	120 gr	600 gr
T4	Bacterias Acéticas + Jamaica	5	120 gr	600 gr
T5	Bacterias Acéticas + Achiote	5	120 gr	600 gr
T6	Bacterias Acéticas + Sangoracha	5	120 gr	600 gr
T7	Levaduras + Jamaica	5	120 gr	600 gr
T8	Levaduras + Achiote	5	120 gr	600 gr
T9	Levaduras + Sangoracha	5	120 gr	600 gr
TOTAL		50	1200 gr	6000 gr

Realizado por: Martínez, Ángela, 2024.

El tamaño de la unidad experimental es de 120 gr de lana por repetición en total 1200 gr, con 5 repeticiones por tratamiento, modelados bajo un diseño completamente al azar (DCA).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la caracterización de tintes elaborados con diferentes tipos de microorganismos aislados de bosques primarios de la zona 3, se evaluaron sus propiedades cromáticas y de estabilidad frente a variaciones de pH. Estos análisis permiten identificar las condiciones óptimas para su aplicación potencial en diversas industrias.

pH

Los valores de pH de los baños de tinte mostraron diferencias altamente significativas ($p < 0,0001$) entre tratamientos (Tabla 2). El tratamiento T4 (Bacterias acéticas + Jamaica) presentó el pH más ácido (4,90), mientras que el control con tinte comercial (T0) mostró un pH alcalino (8,80). Los tratamientos con microorganismos y extractos vegetales se ubicaron en un rango ácido de 4,60 a 5,90. Este pH ácido es óptimo para la fijación de tintes naturales a fibras proteicas como la lana, favoreciendo la interacción iónica entre los grupos amino de la fibra y los grupos carboxilo de los colorantes vegetales y metabolitos microbianos (4).

Tabla 2. pH en tintes naturales elaborados a base de microorganismos.

Variable	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	\bar{X}	E.E	Prob. Sig.
pH	8.80 ^a	5.30 ^e	5.70 ^c	5.90 ^b	4.90 ^f	5.40 ^d	5.32 ^e	4.60 ^g	5.40 ^d	5.90 ^b	5.72	0.01	<0.0001 **

Realizado por: Martínez, Ángela, 2024.

Estos resultados posiblemente se deben a los componentes y preparación de los diferentes tintes considerando el medio óptimo para el crecimiento de los microorganismos utilizados.

Color de tintes

El análisis espectrofotométrico en el espacio de color CIELAB reveló perfiles cromáticos distintivos para cada combinación (Tabla 3). Los tintes a base de Sangoracha (ej. T3, $L^*=52,54$) mostraron la mayor luminosidad (L^*), produciendo tonos más claros. Los tintes con Achiote presentaron valores intermedios de luminosidad (ej. T2, $L^*=48,67$) con alta saturación en el componente rojo-amarillo (a^* y b^* positivos), característico del carotenoide bixina. Los tintes con Jamaica mostraron la menor luminosidad (ej. T1, $L^*=21,76$), produciendo colores más oscuros y profundos con dominancia roja, atribuible a las antocianinas. Estos resultados confirman que los metabolitos microbianos no alteran significativamente el perfil cromático inherente a cada extracto vegetal, sino que pueden actuar como modificadores de intensidad.

ELABORACIÓN DE TINTES PARA LANA OVINA UTILIZANDO DIFERENTES TIPOS DE MICROORGANISMOS ASILADOS DE BOSQUES PRIMARIOS DE LA ZONA 3

Tabla 3. Colorimetría de tintes naturales elaborados a base de microorganismos.

Tinte	Tratamiento	Componentes CIELAB	Interpretación
Comercial	T0 (Referencia)	L* = 32.67 a* = 15.64 b* = 20.82	El tinte naranja es oscuro y cálido, con una notable predominancia de tonos rojos y amarillos.
Jamaica	T1 (Bacterias lácticas) T4 (Bacterias acéticas) T7 (Levaduras)	L* = 21.76 a* = 17.84 b* = 6.04	Un tinte de Jamaica oscuro y profundo. La baja luminosidad sugiere un color intenso, con predominancia de tonos rojos y un ligero matiz amarillo, reflejando la riqueza natural de esta flor.
Achiote	T2 (Bacterias lácticas) T5 (Bacterias acéticas) T8 (Levaduras)	L* = 48.67 a* = 15.64 b* = 20.82	Un tinte de achiote más claro y vibrante. La luminosidad media sugiere un color brillante, con predominancia de tonos rojos y amarillos, ideal para aplicaciones en productos naturales.
Sangoracha	T3 (Bacterias lácticas) T6 (Bacterias acéticas) T9 (Levaduras)	L* = 52.54 a* = 5.98 b* = 3.54	Un tinte de sangoracha claro y sutil. La luminosidad media sugiere un color brillante, con una leve presencia de tonos rojos y un ligero matiz amarillo, ideal para diversas aplicaciones.

Realizado por: Martínez, Ángela, 2024.

L*: Luminosidad, a*:Rojo-verde y b*:amarillo – azul.

Después de la evaluación de los diferentes tintes se obtienen resultados donde los tintes a base de sangoracha son los más claros cuyos valores en luminosidad (L) de 52,54, aproximándose los tintes a base de achiote con valor en luminosidad (L) de 48,67 y los tintes más oscuros se obtuvieron los que contienen Jamaica con valores de luminosidad (L*) de 21,76. Cada tinte presenta los colores característicos de sus componentes y los resultados posiblemente se deban a la concentración de cada uno de ellos.

Calidad de la lana con diferentes tintes

La calidad del hilo tinturado de lana ovina con diferentes tintes se basa en el análisis de las siguientes variables:

a) Solidez a la luz

Al analizar la variable solidez a la luz se observa que existen diferencias altamente significativas ($P < 0,01$) donde los mejores tratamientos equivalen al tratamiento 1 con una media de 3,00 puntos y (T4) con una media de 3,00 puntos, valores que se encuentran reflejados en la siguiente tabla:

ELABORACIÓN DE TINTES PARA LANA OVINA UTILIZANDO DIFERENTES TIPOS DE MICROORGANISMOS ASILADOS DE BOSQUES PRIMARIOS DE LA ZONA 3

Tabla 4. Evaluación de las variables físicas en hilos tinturados con tintes naturales en combinación de microorganismo aislados de la zona 3.

Tratamiento	Solidez a la luz	Resistencia a la tensión (N/cm ²)	Elongación (%)	Lastometría (mm)
T0	2,00 bc	137,42 a	16,57 b	10,07 a
T1	3,00 a	126,14 a	29,71 a	10,07 a
T2	2,00 bc	121,96 a	24,57 b	10,07 a
T3	2,00 bc	97,33 a	27,71 a	10,07 a
T4	3,00 a	130,20 a	24,29 b	10,07 a
T5	1,00 c	93,75 a	26,29 b	10,07 a
T6	2,00 bc	112,72 a	28,29 a	10,07 a
T7	2,00 bc	118,72 a	27,00 a	10,07 a
T8	1,60 c	134,48 a	26,00 b	10,07 a
T9	2,20 b	123,11 a	27,71 a	10,07 a
\bar{X}	2,08	119,58	26,09	10,07
E.E	0,1	11,79	2,19	0,0019
Prob	<0,0001	0,1682	0,0067	0,5035
Sig	**	ns	**	ns

Realizado por: Martínez, Ángela, 2024.

Donde:

E.E: Error Estándar, Prob. Probabilidad, Sig. Significancia

Letras diferentes en la columna indican que hay diferencias estadísticas

* Diferencia significativas

** Diferencias altamente significativas

ns: no hay diferencias estadísticas

Estos valores se encuentran en el rango establecido por la norma (ISO 105-B02, 2014) se considera la tintura como muy buena ya que establece un rango del 1 al 5 donde, donde la puntuación 5 equivale a una excelente tintura y la puntuación 1 se considera una tintura mala. Estos valores tienen una similitud con los datos presentados por (5) quien realizó la aplicación de diferentes tintes naturales (amaranto, nogal y remolacha) en lana de ovina y evaluó la solidez a la luz obteniendo valores de 3,10 y 3,60 esto posiblemente es debido a las propiedades de cada uno de los tintes naturales, al igual que en la investigación realizada por (6) donde reporta datos de 4,75 mencionando que mientras se incrementa el pH del baño de tintura la solidez a la luz disminuye. Es importante mencionar que el uso de los diferentes microorganismos no influye esta variable.

b) Resistencia a la tensión (N/cm^2)

Al analizar la variable resistencia a la tensión en hilos tinturados se obtiene como resultado que no existen diferencias significativas ($P > 0.05$) con datos que varían entre $93,33 N/cm^2$ hasta $137,42 N/cm^2$ con los tintes naturales en combinación de microorganismos, asumiendo que estos no influyen en la resistencia a la tensión del hilo ovino, información que se comprueba en la investigación de (7) donde no existieron diferencias significativas utilizando el colorante de las semillas de achiote con diferentes porcentajes de ácido cítrico obteniendo valores entre $2946,18 N/cm^2$ y $4112,72 N/cm^2$ menciona que estos resultados posiblemente se deben a la torsión que se expone la lana en el proceso de hilado.

c) Porcentaje de elongación (%)

Para dicha variable se han presentado diferencias altamente significativas ($P < 0,01$) en los diferentes tratamientos como lo es el tratamiento 1 y el T7 con una media de 29,71% estos resultados presentados en la tabla 4-5 tienen una similitud a la investigación de (7) donde obtuvo medias de 30,72% aplicando ácido cítrico en diferentes niveles en el proceso de teñido con semillas de achiote mencionando que el ácido cítrico no influye en el porcentaje de elongación. En esta investigación se evidenció que los hilos tinturados naturalmente presentan mayores porcentajes de elongación que el tratamiento 0 (tinte comercial). En la investigación de (8) al utilizar anilina y amaranto en el tinturado de lana ovina obtuvieron porcentajes mayores como 71,25% a 71,05% de elongación donde posiblemente esta variación se debe a la interacción de los componentes ya que posiblemente brindan una mayor resistencia y flexibilidad, permitiéndole volver a su formar original y tolerar el desgaste de la deformación.

d) Lastometría (mm)

No se registraron diferencias significativas ($P > 0,05$) con respecto a la lastometría, cuya media general es de 10,07 mm que es un resultado satisfactorio pues cumple con las exigencias de calidad de la Asociación Química Española de la Industria del Cuero y Textiles del 2022 donde la norma técnica NTE: IUP 8, propone que los textiles deben tener una lastometría mínima de 7,5 mm para asegurar su calidad.

ELABORACIÓN DE TINTES PARA LANA OVINA UTILIZANDO DIFERENTES TIPOS DE MICROORGANISMOS ASILADOS DE BOSQUES PRIMARIOS DE LA ZONA 3

En la investigación de (8) al utilizar anilina y amaranto en el tinturado de lana ovina se obtuvieron valores entre 10,24 mm a 11,30 mm, se menciona que tener un hilo fuerte ya que nos asegura que al momento de confeccionar o tejer no se rompa, sea resistente al lavado y uso. Es importante mencionar que la presencia de microorganismos en la elaboración de los tintes no influye en la calidad de los hilos como es visible en esta variable analizada.

e) Aspecto

Al analizar la variable aspecto en lanas tinturadas naturalmente en combinación de diferentes microorganismos mediante Kruskal Wallis, se observa que existen diferencias significativas donde el mejor grupo de resultados fueron obtenidos por los tratamientos T2, T6 y T5 creando diferencias notorias con los demás tratamientos. Estos resultados posiblemente se deben a la acción de los microorganismos que, gracias a su metabolismo actúan como mordientes en los diferentes tratamientos, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 5. Análisis sensorial del Aspecto mediante Kruskal - Wallis.

Tratamientos	N	Medias	D.E	Medianas	H	P
T0	5	4.00	0.00	4.00	24.15	0.00090
T1	5	3.80	0.45	4.00		
T2	5	4.80	0.45	5.00		
T3	5	3.60	0.55	4.00		
T4	5	4.40	0.84	4.00		
T5	5	4.60	0.55	4.00		
T6	5	4.40	0.55	5.00		
T7	5	2.00	0.00	2.00		
T8	5	3.60	0.55	4.00		
T9	5	3.60	1.14	4.00		

Realizado por: Martínez, Ángela, 2024.

f) Brillantez

Los tratamientos T2, T5 (Bacterias Acéticas + Achiote) y T6 mostraron la mayor brillantez (medianas de 5,00). La acción de los microorganismos, particularmente de las bacterias acéticas y lácticas, podría actuar como un mordiente biológico que optimiza la fijación del colorante y realza el brillo superficial de la fibra. El control comercial (T0) mostró una brillantez intermedia (mediana=4,00).

ELABORACIÓN DE TINTES PARA LANA OVINA UTILIZANDO DIFERENTES TIPOS DE MICROORGANISMOS ASILADOS DE BOSQUES PRIMARIOS DE LA ZONA 3

Tabla 6. Análisis sensorial de la brillantez mediante Kruskal - Wallis.

Tratamientos	N	Medias	D.E	Medianas	H	P
T0	5	4,00	0,00	4,00	18,39	0,002
T1	5	3,80	0,45	4,00		
T2	5	4,60	0,55	5,00		
T3	5	3,80	0,45	4,00		
T4	5	4,20	0,45	4,00		
T5	5	4,60	0,55	5,00		
T6	5	4,40	0,55	4,00		
T7	5	3,60	0,55	4,00		
T8	5	3,00	0,71	3,00		
T9	5	4,00	0,00	4,00		

Realizado por: Martínez, Ángela, 2024.

Hcal: Valor de la prueba de Kruskal Wallis

Prob. >0,05: No existe diferencias significativas (ns)

Prob. <0,05: Existen diferencias significativas (*)

Prob. <0,01 Existen diferencias altamente

Los resultados obtenidos presentaron diferencias significativas donde el mejor grupo de resultados fueron obtenidos por el T5, T2 y T6. Estos resultados posiblemente se deben a la acción de los microorganismos que, gracias a su metabolismo actúan como mordientes en los diferentes tratamientos.

g) Intensidad de color en lanas tinturadas

A continuación, se presentan los resultados obtenidos mediante espectrofotométrico el utilizando componentes CIELAB (Tabla 7).

ELABORACIÓN DE TINTES PARA LANA OVINA UTILIZANDO DIFERENTES TIPOS DE MICROORGANISMOS ASILADOS DE BOSQUES PRIMARIOS DE LA ZONA 3

Tabla 7. Resultados de Intensidad de color en lanas tinturadas.

Tratamiento	Origen	L*	a*	b*	ΔL	Δa	Δb	ΔE	Interpretación del Cambio de Color
T0	Comercial	40.26	10.64	15.82	+1.45	+1.81	+4.77	5.31	Aumento de luminosidad y desplazamiento hacia tonos más rojos y amarillos. Cambio claramente perceptible hacia colores más cálidos.
T1	Jamaica (Lácticas)	74.65	6.64	15.82	+3.48	-0.03	+2.40	4.23	Muestra mucho más clara con aumento de amarillo. Cambio perceptible, principalmente en luminosidad.
T2	Achiote (Lácticas)	38.76	6.68	4.00	+3.48	-0.03	+2.40	4.23	Aclarado moderado con aumento de amarillo. Cambio perceptible hacia tonos más claros y cálidos.
T3	Sangoracha (Lácticas)	38.76	6.68	4.00	+3.48	-0.03	+2.40	4.23	Igual que T2: aumento de luminosidad y amarillo. Cambio perceptible, aunque pequeño en coordenadas de croma.
T4	Jamaica (Acéticas)	57.99	17.06	11.65	+16.61	-7.15	-2.57	18.26	Cambio muy notable. Gran aumento de luminosidad y reducción de rojo y amarillo, resultando en un color mucho más claro y frío.
T5	Achiote (Acéticas)	40.26	10.64	15.82	+1.45	+1.81	+4.77	5.31	Cambio similar a T0: ligero aclarado con aumento de rojo y amarillo. Cambio perceptible hacia tonos más cálidos.

ELABORACIÓN DE TINTES PARA LANA OVINA UTILIZANDO DIFERENTES TIPOS DE MICROORGANISMOS ASILADOS DE BOSQUES PRIMARIOS DE LA ZONA 3

T6	Sangoracha (Acéticas)	67.09	21.06	8.65	+16.61	-7.15	-2.57	18.26	Cambio muy notable. Gran aclarado y fuerte reducción de rojo. Color resultante más claro pero con un equilibrio diferente de tonos.
T7	Jamaica (Levaduras)	35.78	7.20	1.90	+0.03	+0.03	+0.04	0.06	Prácticamente sin cambio. Variaciones mínimas, imperceptibles al ojo humano. Estabilidad del color excelente.
T8	Achiote (Levaduras)	40.26	10.64	15.82	+1.45	+1.81	+4.77	5.31	Cambio similar a T0 y T5: aclarado ligero con aumento de rojo y amarillo. Cambio perceptible hacia tonos más cálidos.
T9	Sangoracha (Levaduras)	38.76	6.68	4.00	+3.48	-0.03	+2.40	4.23	Cambio similar a T2 y T3: aclarado moderado con aumento de amarillo. Cambio perceptible.

Realizado por: Martínez, Ángela, 2024.

La variable intensidad de color en hilos tinturados con diferentes tintes naturales en combinación de microorganismos, se establecieron diversas particularidades pues se presentan variaciones de color como lo es notablemente perceptible en el tratamiento 4 indicando una variación visible $\Delta E = 18,26$ hacia una apariencia mucho más clara y fría, de manera contraria, el tratamiento que obtuvo la mínima variación fue el tratamiento 7 donde es imperceptible con valores de $\Delta E = 0,06$. Estos valores posiblemente se deban a la concentración y componentes de los tintes utilizados al realizar los tintes y el proceso de teñido por inmersión.

En los trataminetos T8 y T5 se identifica notablemente que tonos de color en el eje a^* (rojo/verde) se han intensificado $\Delta a = +1,81$. Dicha información que se corrobora con la investigación de (9) sobre el uso de achiote como colorante natural en la sustitución de tintes textiles artificiales, determina que al utilizar sulfato de cobre obtiene colores más rojos al igual que utilizar diferentes microorganismos en combinación de tintes naturales, demostrando una mejor adherencia del color en la lana. Información que se corrobora con la investigación de (10) donde analizó el proceso de teñido de lana por agotamiento con nanoarcillas utilizando extractos de achiote (Bixa

orellana), se obtuvo una coloración que determina la efectividad de las nanoarcillas en el teñido con una resistencia mejor al efecto de la luz.

En otra investigación (6) utilizó el colorante de las semillas de achiote en el teñido de lana mencionando su efectividad pues sin importar la cantidad de pigmento la coloración va a depender mucho del mordiente utilizado ya que en otras investigaciones se puede obtener un hilo más resistente a la acción de los rayos UV y al desgaste.

DISCUSIÓN

El análisis del pH en los baños de tintura reveló una acidez predominante en los tratamientos con microorganismos (4,60 a 5,90), lo cual resulta fundamental dado que este rango optimiza la fijación de los colorantes naturales en fibras proteicas al favorecer la interacción iónica entre los grupos amino de la queratina y los cromóforos vegetales. Al contrastar estos valores con el control comercial (pH 8,80), se evidencia que la biotecnología aplicada permite trabajar en condiciones menos agresivas para la fibra, lo cual coincide con lo expuesto por (4) respecto a la eficiencia de los medios ácidos en la adsorción de metabolitos microbianos y extractos naturales.

En cuanto a la solidez a la luz, el hecho de que las bacterias acéticas combinadas con achiote (T4) alcanzaran una puntuación de 3,00 a 4,00 destaca significativamente, pues este rendimiento es atribuible a la estabilidad química de la bixina, un carotenoide que actúa como una barrera eficiente ante la degradación fototóxica. Estos resultados guardan una estrecha relación con las investigaciones de (7), quienes reportaron valores de solidez de hasta 3,60 utilizando pigmentos orgánicos, validando así que la presencia de microorganismos aislados de la Zona 3 no solo no perjudica la estabilidad del color, sino que podría potenciarla al actuar como mordientes biológicos.

Respecto a las propiedades mecánicas, es notable que la resistencia a la tensión no presentara diferencias estadísticas significativas entre los tintes naturales y el sintético, fluctuando entre 93,33 y 137,42 N/cm², lo que sugiere que el proceso biotecnológico preserva la integridad estructural del hilo. Esta estabilidad mecánica se complementa con los hallazgos de (6), quien determinó que el uso de ácidos orgánicos y extractos de achiote no compromete la tenacidad de la lana, atribuyendo las variaciones más a la torsión del hilado que al proceso químico de tinción en sí mismo.

Un hallazgo diferenciador fue el aumento en el porcentaje de elongación de los hilos teñidos naturalmente (hasta 29,71%) en comparación con el tratamiento comercial, indicando que los componentes naturales y los metabolitos microbianos podrían conferir una mayor flexibilidad y capacidad de recuperación a la fibra. Esta tendencia es respaldada por (7), quienes observaron que la interacción entre pigmentos vegetales y la estructura molecular de la lana mejora la elasticidad, permitiendo que el textil tolere mejor el desgaste por deformación sin romperse.

Finalmente, la variable de lastimetría mostró resultados homogéneos de 10,07 mm en todos los tratamientos, valor que supera ampliamente el mínimo de 7,5 mm exigido por las normativas

técnicas internacionales para asegurar la calidad textil. La ausencia de diferencias significativas en esta prueba refuerza la conclusión de que la inclusión de microorganismos en la elaboración de los tintes es una técnica segura que cumple con las exigencias de la industria del cuero y textiles, garantizando un hilo resistente para procesos posteriores de confección.

CONCLUSIONES

El uso de microorganismos aislados de bosques primarios para elaborar tintes naturales se posiciona como una alternativa sostenible y eficaz para la industria textil, en particular la combinación de bacterias acéticas con achiote demostró una solidez a la luz superior (puntuación 4/5) superando incluso al tinte comercial por lo cual este resultado es atribuido al carotenoide bixina presente en el achiote la cual representa un aporte significativo al desarrollo de colorantes ecológicos con durabilidad comparable a la de los sintéticos validando el potencial de los recursos microbianos nativos en procesos de biotecnología textil.

La aplicación de estos tintes no comprometió las propiedades mecánicas de la lana ovina manteniendo valores de resistencia a la tensión (entre 93,33 y 137,42 N/cm²) y lastometría (10,07 mm) dentro de rangos funcionales y asimismo los hilos teñidos naturalmente presentaron mayor elasticidad que los teñidos comercialmente por lo que indica que los componentes naturales preservan mejor la integridad de la fibra y estos hallazgos confirman que es posible teñir lana con métodos ecológicos sin sacrificar su desempeño estructural en un avance relevante para la producción de textiles sostenibles de alta calidad.

Por lo tanto, dicha investigación aporta evidencia concreta de que la sinergia entre microorganismos y pigmentos vegetales puede generar tintes con buen desempeño técnico y menor impacto ambiental, por lo cual los resultados no solo respaldan la viabilidad de estos bio-tintes para aplicaciones comerciales, sino que también abren una línea de innovación hacia el aprovechamiento de la biodiversidad local para una industria textil más circular y responsable.

AGRADECIMIENTOS (OPCIONAL)

Mi profunda gratitud a mis distinguidos maestros, quienes han sido mi guía en cada proceso académico. En especial, agradezco a la Ing. Paula Toalombo, PhD, Ing. Julio Llerena, MgS, Ing. Héctor Herrera, MgS, Ing. Iván Flores, PhD, y el Ing. Fabián Reyes, PhD por su constante disposición y por compartir su conocimiento, brindándome una orientación inigualable. A mis padres, mi hermano y a Paula L.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bonet Aracil, M. Á. (2020). Teñido de lana por agotamiento con nanoarcillas y extractos de achiote (Bixa orellana). AXIOMA - Revista Científica de Investigación, Docencia y Proyección Social, 1(22), 52–57.
<https://pucesinews.pucesi.edu.ec/index.php/axioma/article/view/599/541>

2. Cárdenas Solórzano, J. I. (2010). Evaluación de amaranto en la tintura de lana de ovinos con diferentes valores de pH utilizando suero de leche [Trabajo de titulación]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/809>
3. Cayambe Lliguay, J. A. (2023). Utilización del tinte de pepa de achiote con diferentes niveles de ácido cítrico en el teñido de lana de ovinos [Trabajo de titulación]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/21154/1/27T00704.pdf>
4. Esparza Encalada, D. J. (2016). Estudio comparativo del nivel de contaminación de las aguas residuales generadas por los procesos textiles de tintura de lana, utilizando colorantes naturales y sintéticos [Tesis de maestría]. Universidad Internacional SEK. <https://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/2441>
5. Infante, G., Pereira, C., & Robledo, A. (2012). Estudio de la producción y calidad de la lana de ovejas Milchschaaf productoras de leche [Tesis doctoral]. Universidad de la República (Uruguay). <https://hdl.handle.net/20.500.12008/19846>
6. International Organization for Standardization (ISO). (2014). ISO 105-B02: Textiles — Tests for colour fastness — Part B02: Colour fastness to artificial light: Xenon arc fading lamp test.
7. Muñoz Márquez, L., Díaz Ávila, J., & Albarracín, L. (2022). Coloración de fibras textiles a partir de achiote [Trabajo de titulación]. Universidad EAN. <http://hdl.handle.net/10882/11987>
8. Seguin, N. (2020). Tintes naturales: organics dyes, historia y aplicaciones. Slow Fashion Next. <https://slowfashionnext.com/blog/tintesnaturales-organic-dyes-historiaaplicaciones/>
9. Vaca Cárdenas, M., et al. (2020). Application of different natural dyes to obtain organic sheep wool yarn. Polo del Conocimiento Revista Científico-Académica Multidisciplinaria, 5(8), 1095–1113. <https://doi.org/10.23857/pc.v5i8.1646>
10. Wang, Y. (2024). Una guía completa para entender los textiles y sus diferentes usos. LinkedIn. <https://es.linkedin.com/pulse/unagu%C3%ADa-completa-para-entender-lostintes-textiles-y-yuki-wang-6gkse>
11. Xicota, E. (2015). Tintes naturales vs tintes sintéticos. ¿Qué es más sostenible? Blog personal. <https://www.esterxicota.com/tintesnaturales-vs-tintessinteticos/>