

Tinción artesanal de lana en la manufactura de textiles

Handcrafted dyeing of wool in the manufacture of textiles

Alma Leticia Martínez-Herrera¹

Miguel Velázquez-Manzanares²

Judith Amador Hernández*³

Resumen

Este ensayo se discute el uso de lana en el tejido de prendas textiles en la industria artesanal, desde su obtención y preparación. Destaca la revisión de los colorantes sintéticos y naturales usados en el teñido, estos últimos clasificados en base a su origen, estructura química, hue o tono y forma de aplicación, así como los mordentes usados para su fijación en las fibras naturales. Finalmente, se describen brevemente las pruebas estándar comúnmente utilizadas internacionalmente para el control de calidad de dichos textiles.

Palabras clave: Artes textiles, artesanía, cultura tradicional, tecnología de la tintura

Abstract

This essay discusses the use of wool in weaving textile garments in the cottage industry, from its obtaining and preparation. The review of synthetic and natural dyes used in dyeing stands out. The latter are classified based on their origin, chemical structure, hue or tone, application form, and the mordents used for their fixation in natural fibers. Finally, the standard tests commonly used internationally for the quality control of such textiles are briefly described.

1 Maestra en Ciencia y Tecnología Química, profesor, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México, amarher@uaaan.edu.mx, ORCID ID 0000-0002-7722-9925

Master in Chemical Science and Technology, Professor at Antonio Narro Autonomous Agrarian University, Mexico

2 Doctor en Ciencias Químicas, profesor-investigador, Universidad Autónoma de Coahuila, México, miguel_velazquez@uadec.edu.mx, ORCID ID 0000-0002-5125-1040

Doctor of Chemical Sciences, Professor-Researcher, Autonomous University of Coahuila, Mexico.

3 Doctora en Ciencias Químicas, profesor-investigador, Universidad Autónoma de Coahuila, México, judith.amador@uadec.edu.mx, ORCID ID 0000-0003-1873-024X

Doctor of Chemical Sciences, Professor-Researcher, Autonomous University of Coahuila, Mexico

* Autor para correspondencia.

Recibido: 12/04/2024 - Aprobado: 10/06/2024

Martínez-Herrera, A. L., Velázquez-Manzanares, M., y Amador-Hernández, J. (2024). Tinción artesanal de lana en la manufactura de textiles. *Ciencia e Interculturalidad*, 34(1), 238-251. <https://doi.org/10.5377/rci.v34i1.19710>

Licencia Creative Commons
Atribución-NoComercial-NoDerivadas



Keywords: Textile arts, handicrafts, traditional culture, dyeing technology

I. Introducción

La lana es una fibra natural que se obtiene del pelo del ganado ovino, compuesta por queratina y con cantidades significativas de lanolina. Se caracteriza por su esponjosidad, suavidad y calidez; normalmente es más fina que el cabello humano. Se trata de una fibra rizada y ondulada con una longitud aparente, sin perder su rizo natural. A mayor longitud se registra mayor diámetro de esta fibra, clasificándose en fina, extrafina, extra, entrefina, ordinaria basta y muy basta; su uso en la industria textil está relacionado con los diferentes diámetros en que se encuentra disponible. Es una fibra resistente, elástica y flexible; cuenta con gran capacidad de absorción de agua, arrugándose poco; no es inflamable. La lana es sensible a productos químicos como el cloro y la sosa. En estado húmedo tiende a enredarse fácilmente (Erdogan et al., 2020).

Para la elaboración de prendas de vestir, la lana requiere ser lavada, peinada, hilada y tejida, además de ser mordentada y teñida para alcanzar el color esperado. La lana de oveja retiene iones metálicos del medio, por lo que en su teñido se suele recurrir al calentamiento de la fibra en presencia de un colorante y un agente mineral como mordente. El mordente permitirá unir la molécula de colorante a la fibra, lo cual suele depender del pH (indicador de la acidez del medio); además, el cambio de pH también puede afectar a la fijación del colorante en la fibra durante el proceso de teñido. Plantear la necesidad de abordar la pregunta o preguntas que queremos contestar (el tema a revisar) incluye objetivos del trabajo.

II. Desarrollo

Uso de lana en la fabricación de prendas textiles

La lana de oveja, al igual que otras fibras naturales como el algodón, el lino o la seda, son materias primas utilizadas ampliamente en la elaboración de artículos textiles a nivel artesanal y en confecciones a nivel industrial. Dada su importancia, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, por sus siglas en inglés) designó el 2009 como el Año Internacional de las Fibras Naturales, con el fin de fortalecer el interés y apoyo hacia su producción y explotación sustentable (FAO, 2009).

Actualmente, el sector textil y de confecciones de prendas de vestir es altamente competitivo y se basa fundamentalmente en fibras sintéticas; por ello, la reinserción de fibras textiles naturales requiere de innovaciones tecnológicas a nivel de maquinaria y procesos de producción que permitan que esto sea viable económicamente. En los últimos años se reconoce un aumento en las exportaciones de textiles de origen natural, lo que fortalece el sector laboral en este ámbito industrial. Por otro lado, la

AGROPECUARIA

comercialización de fibras naturales como la lana es de gran importancia para los países de América Latina, en el marco de los tratados de libre comercio. De acuerdo con la Consultoría Reports and Insights, en 2020 el mercado internacional de lana se estimó en 34.5 billones de dólares americanos, con un crecimiento previsto del 3.4 % en los próximos años (Reports and Insights, 2022).

En México, existen varios lugares donde aún se elaboran textiles de lana a nivel artesanal. Por ejemplo, estados como Chiapas, Oaxaca, Tlaxcala o el Estado de México, entre otros, destacan por sus artesanías textiles de distintos diseños y tonos, en los cuales incorporan con frecuencia figuras propias de su herencia cultural; así, tapetes, colchas, guantes, cojines, gabanes, chaquetas, chales, etc., pueden encontrarse entre una gran variedad de tejidos textiles de venta al público. Entre tales productos se encuentra el sarape de Saltillo (Figura 1), una prenda exterior tejida con lana, emblemática en la vestimenta del charro mexicano (Martínez-Herrera et al., 2022).

Figura 1
Réplica del sarape de Saltillo, textil fabricado artesanalmente en lana



Procesamiento de lana

La recuperación de lana a partir del vellón del animal consta de varias etapas. Comienza por el trasquilado, una tarea que debe realizarse por un experto para evitar lastimar al animal. La lana retirada se debe procesar de manera separada, retirando la lana manchada, dañada o contaminada; considérese que estas fibras están rodeadas de materias extrañas que el lavado eliminará, ya que la densidad de impurezas es casi el doble que la de la lana a comercializar.

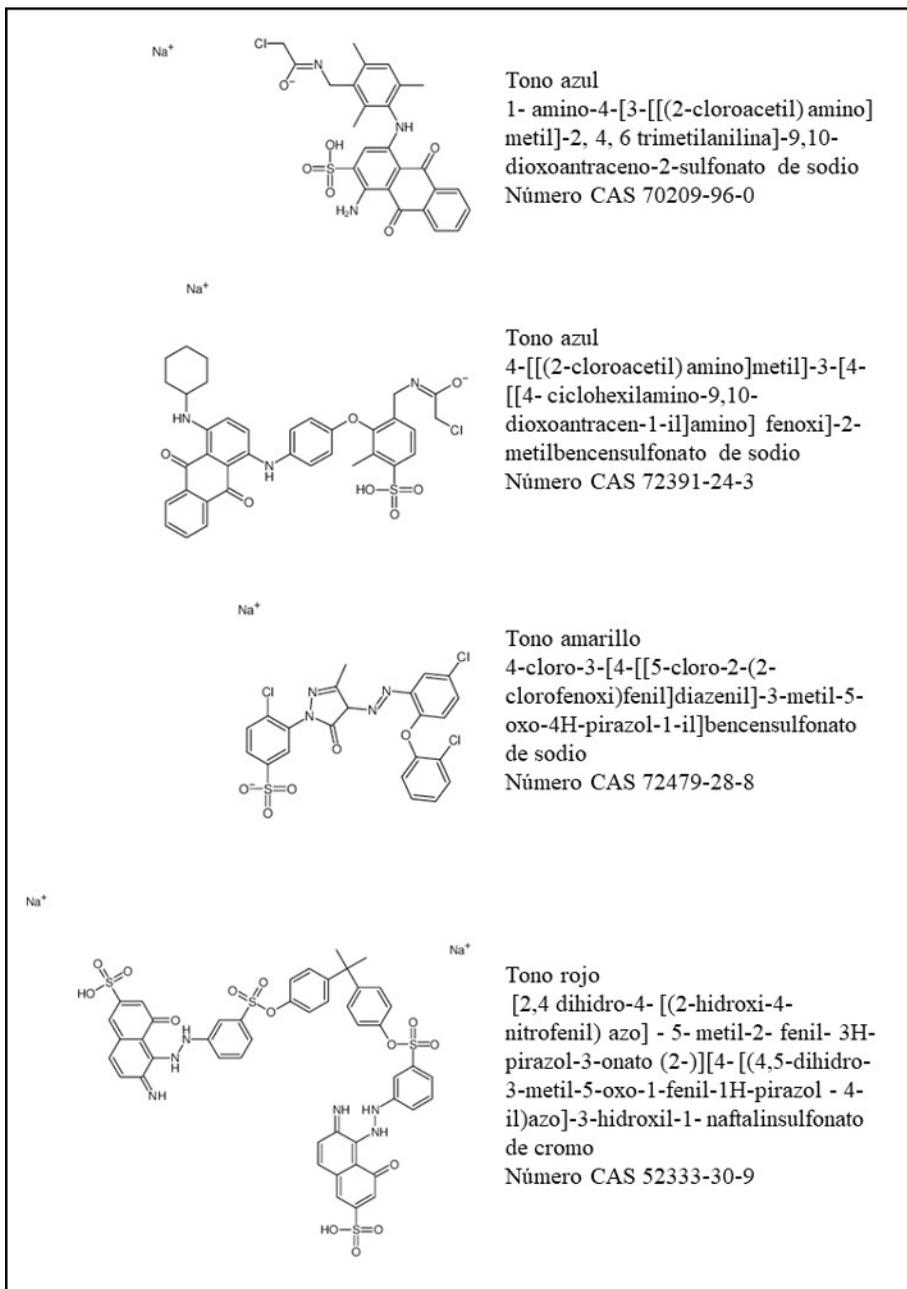
Posteriormente, siguen las etapas de lavado, secado, cardado con cepillo e hilado. Cada una de estas etapas del proceso es muy importante para obtener un producto de buena calidad. Para el teñido artesanal, se debe organizar la lana en madejas de 250 a 300 gramos con amarres sueltos, para evitar zonas que queden sin color durante el proceso de teñido. Los colorantes usados durante esta etapa pueden ser de origen sintético, natural o combinaciones de ambos.

Colorantes sintéticos

Los colorantes sintéticos son sustancias orgánicas obtenidas por síntesis química, cuyo principal éxito recae en que pueden producirse a gran escala, a un costo relativamente bajo. Además, se encuentran disponibles en una gran gama de colores, son de fácil aplicación y se adhieren con resistencia a las fibras, por lo que han desplazado a los colorantes naturales en la industria textil. En la Figura 2 se presentan estructuras químicas de algunos de los colorantes sintéticos diseñados especialmente para su uso en el teñido de lana, ofertados en el mercado internacional.

En general, los colorantes sintéticos se dividen en ácidos y básicos, es decir comprenden colorantes aniónicos o catiónicos solubles en agua. Su aplicación también suele requerir el uso de mordentes durante el teñido de fibras, tanto sintéticas como naturales. Otra clasificación de los colorantes sintéticos se da en función de su composición: a) colorantes azoicos, b) derivados de trifenilmetano, c) derivados de xanteno, d) derivados de indigotina, e) derivados de quinolina, etc. (Ziarani et al., 2018). Estos compuestos representan distintos grados de toxicidad, por lo que suelen tener, en general, un impacto ambiental nocivo.

Figura 2
Réplica del sarape de Saltillo, textil fabricado artesanalmente en lana

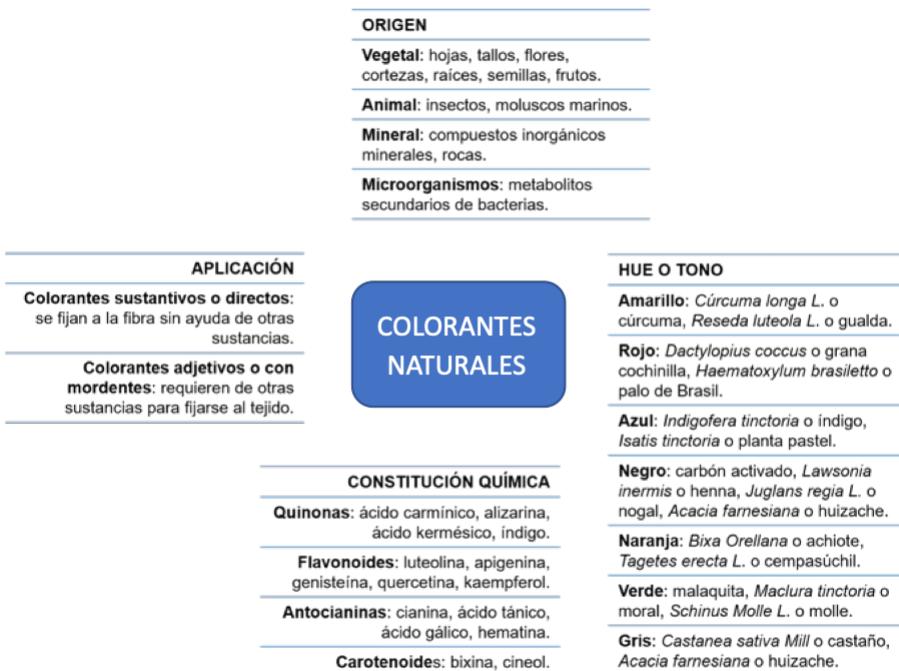


Colorantes naturales

Actualmente existe un renovado interés en los colorantes provenientes de fuentes naturales, los cuales se busca que sustituyan, al menos a nivel artesanal, a los colorantes sintéticos que se emplean en la industria textil. Además de este sector, tales colorantes tienen un nicho de oportunidad en la industria alimentaria y farmacéutica, por ejemplo. En la naturaleza pueden encontrarse numerosos compuestos que pueden explotarse como colorantes en función de su composición, estabilidad y viabilidad de su producción.

La aplicación de colorantes naturales en materiales textiles ha ganado popularidad en los últimos años, ya que se reconoce cada vez más que tienen un impacto significativamente menor en el ambiente que sus congéneres sintéticos. Además, son menos tóxicos, por lo que producen menos reacciones alérgicas, su producción demanda cantidades de agua dulce significativamente menores, además de ser biodegradables y por ende tener una persistencia en el ambiente despreciable (Vankar y Shukla, 2019). En la Figura 3 se presentan distintas clasificaciones de colorantes naturales utilizados actualmente en el teñido de lana.

Figura 3
Clasificación de colorantes naturales utilizados en distintos ámbitos de aplicación



Además, el uso de colorantes naturales en la fabricación de textiles también representa otras ventajas significativas, como son: a) provienen de recursos naturales, b) el material vegetal desechado puede reutilizarse como fertilizante, c) algunos tienen propiedades antimicrobianas o bacteriostáticas, d) pueden cultivarse en suelos remediados, por lo que no debieran competir por el suelo destinado a la producción de alimentos, y e) su uso puede reconocerse a través de bonos de carbono, al sustituir materias primas derivadas en buena parte del petróleo (Shahid-Ul-Islam y Butola, 2019). Si bien la producción textil basada en fibras y colorantes naturales no puede satisfacer en términos de volumen las necesidades de la sociedad actual, sí se reconoce su pertinencia en la fabricación de ciertos productos de gran valor cultural, como los textiles artesanales (Arroyo-Ortiz, 2014).

La búsqueda de nuevos procesos de extracción de colorantes naturales para el teñido de fibras textiles es una actividad cada vez más frecuente, con el fin de sustituir a los colorantes sintéticos. Actualmente se reconoce que pueden utilizarse dos tipos de estrategias: a) extracción y conservación del colorante hasta el teñido, en forma de polvo o licor concentrado, o bien b) extracción del colorante y teñido de las fibras en un solo proceso (Uddin et al., 2022).

Teñido artesanal de fibras naturales

El teñido es un proceso químico durante el cual se añade un colorante a las fibras textiles, con la finalidad de darle un color diferente al original. Al comenzar el proceso debe conocerse el peso de la madeja de hilo, ya que en base a éste se determinan las cantidades a utilizar de plantas tintóreas o colorantes en polvo, mordentes, etc. El artesano es el que determina la cantidad de hilo a teñir, de acuerdo a las necesidades de los productos que tejerá. Un aspecto importante a tener en cuenta es que el color no debe desteñirse rápidamente ni por el lavado ni por exposición a la luz; si bien muchas plantas y animales producen compuestos coloreados, sólo pocos de éstos pueden ser utilizados para teñir textiles (véase Figura 4).

Figura 4
Lana teñida



El proceso de tenido se lleva a cabo en tres grandes etapas: a) preparación de los hilos, b) teñido y c) acabado. En todos ellos, el agua es un factor importante, ya que se utiliza para limpiar, teñir y aplicar productos químicos a los tejidos, así como enjuagar las fibras tratadas. Durante la etapa de preparación de las fibras, se eliminan impurezas de los tejidos con detergentes, con el fin de obtener una fibra libre de grasa y lo más blanca posible. La segunda etapa consiste en la aplicación de colorantes naturales o sintéticos, para obtener una coloración uniforme en la fibra, resistente a factores externos. Y, por último, para el acabado se puede recurrir a tratamientos químicos que mejoran las características del tejido, como resistencia a la suciedad, eliminación de manchas, actividad antimicrobiana, absorción de radiación UV, entre otros (Haji y Bahtiyari, 2021).

En general, los medios de tinción son agua o mezclas agua-alcohol de bajo peso molecular (como etanol), en caliente. A nivel artesanal, los recipientes donde se suele desarrollar esta tarea pueden ser de distintos materiales, como barro, peltre, aluminio o cobre. Otra condición común es que el baño de tinción se encuentra por arriba de la temperatura ambiente (caliente), además de que es común la modificación del pH por adición de un ácido o de una base. Estos pasos permiten que los grupos funcionales ácidos o básicos de las proteínas que conforman las fibras se ionicen, para enlazar más fácilmente a los colorantes iónicos o polares, o bien a los iones que actúan como enlaces entre la fibra y el colorante: los mordentes.

Mordentes

Muchos de los colorantes necesitan un agente fijador que se llama “mordente” (Zhang et al., 2021; Dutta et al., 2021). La palabra mordente viene del latín *morder*,

debido a la creencia de que algunas sustancias mordían la fibra para mejorar el tinte. En general, los mordentes son sales minerales solubles en agua, que al añadirse en el baño de tinción fijan, intensifican o cambian el color del tinte. Comúnmente, el mordente se fija en la fibra a través de enlaces por puentes de hidrógeno o disulfuro, mientras que el colorante se une al mordente a través de enlaces covalentes coordinados. Hay colorantes que no requieren el uso de mordentes, porque el propio colorante puede establecer enlaces con ciertos grupos funcionales de la fibra; tal es el caso de la nuez, la cáscara de granada y los líquenes.

En los tiempos prehispánicos, los mordentes eran sustancias naturales como el encino, el barro negro, la cal, las cenizas, el alumbre, los orines de humanos y animales, el tequesquite, la sal, el pulque, las hojas de piñón, entre otros (Arroyo-Ortiz, 2014). Actualmente, suelen utilizarse para este fin el alumbre, sulfato ferroso, sulfato cúprico, cloruro estañoso o dicromato de potasio.

El mordentado puede hacerse de tres maneras: premordentado, mordentado directo y posmordentado.

a. *Premordentado*

En un recipiente con agua caliente a punto de ebullición, se añade el mordente y con frecuencia también crémor tártaro, que ayuda a fijar el colorante y da brillo a la fibra. Se introduce en este baño la fibra previamente humedecida y se mantiene ahí por una hora a punto de ebullición. Se deja reposar toda la noche, se escurre y se pone a secar en la sombra. Cuando la fibra está seca, se encuentra lista para su teñido; con este procedimiento se llega a la obtención de tonos más intensos.

b. *Mordentado*

Se usa simultáneamente el colorante y el mordente en una cantidad definida en el baño. Con frecuencia, se prepara el material de teñido picándolo, remojándolo o moliéndolo en el medio de tinción, con el fin de maximizar el rendimiento de color en textiles. Posteriormente, en otro recipiente con agua se añade el concentrado del tinte y después la fibra húmeda, manteniéndola a punto de ebullición; se deja enfriar y por último se enjuaga.

c. *Posmordentado*

Se lleva a cabo después del baño del tinte, con el fin de cambiar el tono, o bien reforzar la resistencia a la luz y al lavado. Unos minutos antes de terminar el proceso de teñido se retira la fibra, se añade el mordente y crémor tártaro disueltos en agua caliente, se introduce nuevamente la fibra y se mantiene en estas condiciones a punto

de ebullición por unos minutos más. Se deja reposar la fibra en este baño hasta que se enfríe, se enjuaga y se seca a la sombra.

Evaluación de la solidez del color en fibras teñidas

Una vez teñidas las fibras, es necesario evaluar la fijación del colorante y su estabilidad frente a diferentes agentes a los que son sometidos a lo largo de su vida útil, a través de métodos estandarizados. La Organización Internacional de Estandarización (ISO), en su sección ISO/TC 38, dispone de una serie de pruebas aplicables para evaluar la calidad de textiles. Entre éstos, resultan de particular interés dos pruebas de solidez: a) la estabilidad del colorante frente a la luz de día, y b) la solidez del color frente al lavado. La primera es de especial interés para productos textiles de uso decorativo, como cortinas, tapetes, etc.

a. Pruebas de solidez al color frente al lavado

Los textiles suelen perder su color a lo largo de los distintos procesos de lavado a los que son sometidos; mientras los “denim” son aquéllos que tienen gran solidez en el color -es decir, su color no cambia prácticamente tras varios procesos de lavado, hay otros materiales que sí presentan cambios significativos. A nivel internacional, la ISO cuenta con diferentes pruebas que permiten evaluar la influencia de distintas condiciones de lavado. Por ejemplo, el método de prueba ISO 105-C10:2006 evalúa la solidez del color en varias condiciones de lavado con detergente y/o carbonato de sodio (ISO, 2006).

Por otro lado, la norma ISO 105-Co6 establece las condiciones de prueba para solidez del color por lavado doméstico y comercial, en la que el espécimen de interés se lava en condiciones de temperatura, alcalinidad, blanqueador y abrasivo comunes, durante un tiempo promedio de lavado. El cambio en el color se determina instrumentalmente o por comparación en la escala de grises (ISO, 2010). Además, existe otro método para evaluar la prueba de solidez de color de manera instrumental de acuerdo a la norma ISO 105-A04:1989, usando una escala de grises en cuanto al valor de ΔE (ISO, 1989).

En materiales teñidos en el laboratorio con colorantes naturales, esta prueba es de suma importancia ya que permite reconocer si el textil continuará fijo en la fibra ante condiciones cotidianas de lavado. Por ejemplo, Ismal (2014) llevó a cabo un estudio para el teñido de lana con colorantes extraídos del residuo generado en la producción de aceite de oliva.

Otro parámetro utilizado para evaluar la solidez del color, además de la comparación en la escala de grises, es el índice K/S derivado de la Teoría de Kubelca – Munk, quienes propusieron que este puede utilizarse para estimar indirectamente la concentración

del colorante fijo en una matriz a partir de la radiación dispersada por la muestra a la longitud de onda de absorción del colorante:

$$\frac{K}{S} = \frac{(1-R)^2}{2R} \tag{1}$$

Donde K es el coeficiente de absorción, S es el coeficiente de dispersión y R es la reflectancia de un cuerpo. Cuando un colorante aumenta de concentración en la fibra, K asciende mientras que S disminuye, aumentando por consiguiente el valor del índice K/S (Yang et al., 2010). Así, Shahid et al. (2012) utilizaron el valor de K/S para determinar la resistencia del colorante en la fibra teñida respecto al lavado, en función de diferentes condiciones de tinción.

b. Pruebas de solidez al color respecto a la radiación

La Institución de Estándares de la India (IS) cuenta con el método IS 686:1985, en el cual se establecen las condiciones para evaluar la solidez del color en textiles frente a la luz de día. De acuerdo con éste, el textil para análisis se expone a la radiación solar dentro de un recipiente transparente, protegido de la lluvia, con ventilación adecuada y lejos de una zona residencial o industrial. La variación del color se evalúa siguiendo una escala de grises (IS, 1985a).

Otro método de referencia muy usado en el ámbito de la investigación textil es el IS 6152:1985, que establece las condiciones para evaluar la solidez del color en textiles respecto a su exposición a la luz artificial (IS, 1985b). Así, Toussirot et al. (2014) realizaron esta prueba de resistencia a la luz en fibras naturales teñidas con extracto de *Hubera nitidissima*. Además de reconocer el grado de solidez siguiendo una escala de grises, utilizaron el valor de ΔE para determinar su variación siguiendo las coordenadas cromáticas, de acuerdo con la fórmula:

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2} \tag{2}$$

Donde:

$$\Delta L = L^*_{final} - L^*_{inicial} \tag{3}$$

$$\Delta a = a^*_{final} - a^*_{inicial} \tag{4}$$

$$\Delta b = b^*_{final} - b^*_{inicial} \tag{5}$$

III. Conclusiones

Desde la obtención de la fibra a partir del vellón del animal hasta su tinción, el teñido artesanal de lana involucra un proceso largo, complejo, que forma parte del legado cultural e inmaterial de los pueblos y que debe preservarse, para asegurar su continuidad en el tiempo. Por otro lado, el teñido de lana artesanal puede complementarse con los avances científicos y tecnológicos en materia de textiles, como son las pruebas de control de calidad, con el fin de proveer un valor agregado a los productos que han formado parte del legado de múltiples culturas a través de las generaciones.

IV. Referencias

- Arroyo-Ortiz, L. (2014). *Tintes naturales mexicanos: su aplicación en algodón, henequén y lana*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Dutta, P., Mahjebin, S., Sufian, M. A., Rabbi, R., Chowdhury, S., y Imran, I. H. (2021). Impacts of natural and synthetic mordants on cotton knit fabric dyed with natural dye from onion skin in perspective of eco-friendly textile process. *Materials Today: Proceedings*, 47(10), 2633-2640. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.05.229>
- Erdogan, U. H., Seki, Y., y Selli, F. (2020). Wool fibres. En Kozlowski, R. M. & Mackiewicz-Talarczyk, M. (Eds.), *Handbook of natural fibers* (2nd ed., Vol. 1, pp. 257-278). Woodhead Publishing.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación - FAO. (2009). *Año Internacional de las Fibras Naturales 2009*. <https://www.fao.org/natural-fibras-2009/es/>
- Haji, A., y Bahtiyari, I. (2021). Natural compounds in sustainable dyeing and functional finishing of textiles. En Ibrahim, N. and Hussain, C. M. (Eds.), *Green chemistry for sustainable textiles, modern design and approaches* (pp. 191-203). Elsevier.
- Oficina de Estándares de la India - IS. (1985a). *Determination of colour fastness of textile materials to daylight (IS 686:1985)*. <https://law.resource.org/pub/in/bis/S12/is.686.1985.pdf>
- Oficina de Estándares de la India - IS. (1985b). *Method for determination of colour fastness of textile materials to weathering by xenon arc lamp (IS 6152:1985)*. <https://law.resource.org/pub/in/bis/S12/is.6152.1985.pdf>

AGROPECUARIA

- Ismal, O. E. (2014). A route from olive oil production to natural dyeing: valorisation of prina (crude olive cake) as a novel dye source. *Coloration Technology*, 130, 147–153. <https://doi.org/10.1111/cote.12068>
- Organización Internacional de Estandarización - ISO. (1989). *Textiles—Tests for colour fastness—Part A04: Method for the instrumental assessment of the degree of staining of adjacent fabrics (ISO 105-A04:1989)*. <https://www.iso.org/standard/3788.html>
- Organización Internacional de Estandarización - ISO. (2006). *Textiles—Tests for colour fastness—Part C10: Colour fastness to washing with soap (ISO 105.C10.2006)*. <https://www.iso.org/standard/31775.html>
- Organización Internacional de Estandarización - ISO. (2010). *Textiles—Tests for colour fastness—Part C06: Colour fastness to domestic and commercial laundering (ISO 105-C06:2010)*. <https://www.iso.org/standard/51276.html>
- Martínez-Herrera, A. L., Velázquez-Manzanares, M., Martínez Vázquez, D. G., Colunga Urbina, E. M., y Amador-Hernández, J. (2022). Caracterización del color en lana teñida para la manufactura de sarapes de Saltillo. *Revista Herencia*, 35(2), 62-76. <https://doi.org/10.15517/h.v35i2.51553>
- Reports and Insights. (2022). *Wool Market: Opportunity Analysis and Future Assessment 2020-2028*. <https://reportsandinsights.com/report/wool-market>
- Shahid, M., Ahmad, A., Yusuf, M., Khan, M., Khan, S., Manzoor, N., y Mohammad, F. (2012). Dyeing, fastness and antimicrobial properties of woolen yarns dyed with gallnut (*Quercus infectoria* Oliv.) extract. *Dyes and Pigments*, 95, 53–61. <https://doi.org/10.1016/j.dyepig.2012.03.029>
- Ul-Islam, S., y Butola, B. S. (Eds.). (2019). *The impact and prospects of green chemistry for textile technology*. Woodhead Publishing.
- Toussiro, M., Nowik, W., Hnawia, E., Lebouvier, N., Hay, A. -E., De La Sayette, A., Dijoux-Franca, M.-G., Cardon, D., y Nour, M. (2014). Dyeing properties, coloring compounds and antioxidant activity of *Hubera nitidissima* (Dunal) Chaowasku (Annonaceae). *Dyes and Pigments*, 102, 278–284. <https://doi.org/10.1016/j.dyepig.2013.11.010>
- Uddin, M. A., Rahman, M., Haque, A. N. A., Smriti, S. A., Datta, E., Farzana, N., Chowdhury, S., Haider, J., y Sayem, A. S.M. (2022). Textile colouration with natural colourants: A review. *Journal of Cleaner Production*, 349, 131489. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131489>

- Vankar, P. S., y Shukla, D. (2019). *New trends in natural dyes for textiles*. Woodhead Publishing.
- Yang, H., Zhu, S., y Pan, N. (2010). On the Kubelka--Munk single-constant/two-constant theories. *Textile Research Journal*, 80, 263–270. <https://doi.org/10.1177/0040517508099914>
- Zhang, Y., Zhou, Q., Rather, L. J., y Li, Q. (2021). Agricultural waste of *Eriobotrya japonica* L. (Loquat) seeds and flora leaves as source of natural dye and bio-mordant for coloration and bio-functional finishing of wool textile. *Industrial Crops and Products*, 169, 113633. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113633>
- Ziarani, G. M., Moradi, R., Lashgari, N., y Kruger, H. G. (2018). *Metal-free synthetic organic dyes*. Elsevier.