

PIRÁMIDES DE TINTURA TEXTIL EN LANA PARA SU APLICACIÓN EN PRODUCTOS INDUMENTARIOS

PYRAMIDS OF TEXTILE DYEING IN WOOL FOR APPLICATION IN CLOTHING PRODUCTS

Diego Gustavo Betancourt Chávez ^{1*}

¹ Carrera de Diseño Textil e Indumentaria. Facultad de Diseño y Arquitectura. Universidad Técnica de Ambato. Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3676-6660>. Correo: dbetancourt@uta.edu.ec

Nancy Lorena Parra Ramos ²

² Carrera de Diseño Textil e Indumentaria. Facultad de Diseño y Arquitectura. Universidad Técnica de Ambato. Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-8850-0783>. Correo: nl.parra@uta.edu.ec

Katherine Michelle Pilamunga Manobanda ³

³ Carrera de Diseño Textil e Indumentaria. Facultad de Diseño y Arquitectura. Universidad Técnica de Ambato. Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1975-2611>. Correo: kpilamunga3588@uta.edu.ec

Génesis Elizabeth Suarez Llerena ⁴

⁴ Carrera de Diseño Textil e Indumentaria. Facultad de Diseño y Arquitectura. Universidad Técnica de Ambato. Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-6619-0714>. Correo: gsuarez2124@uta.edu.ec

* Autor para correspondencia: dbetancourt@uta.edu.ec

Resumen

La presente investigación aborda sobre la manera exacta de obtener extractos tintóreos y fórmulas para elaborar una pirámide de tintura sobre fibra de lana. Se seleccionó la fibra óptima con respecto a absorción, afinidad y limpieza a través de pruebas específicas, los colorantes naturales empleados son: col morada, cáscara de naranja y remolacha obtenidos a través de procesos de infusión y tintura. El tratamiento de tintura fue controlado rigurosamente en cuanto a temperatura, pH, tiempo de agotamiento, relación de baño y cantidad de electrolito garantizando la reproducibilidad de las fórmulas obtenidas. Los resultados indicaron que la fibra de Ibarra manifestó mejores condiciones en cuanto a absorción y limpieza en comparación con la de Salasaca. Por otro lado, la variación del pH influyó en los tonos obtenidos con la col morada y la remolacha, siendo crucial mantenerlos en un pH ligeramente ácido casi neutro, es decir, entre un pH de 6,5 a 7 para

estabilizar el color. Se concluyó que para obtener resultados consistentes y reproducibles es esencial tener un control estricto de los parámetros del proceso.

Palabras clave: Pirámide de tintura, fibra de lana, tinturas textiles, colorantes naturales, mordiente

Abstract

This research focuses on the precise method for obtaining dye extracts and developing formulas to create a dye pyramid on wool fiber. The optimal fiber was selected based on absorption, affinity, and cleanliness through specific tests. The natural colorants used include purple cabbage, orange peel, and beetroot, extracted through infusion and dyeing processes. The dyeing treatment was rigorously controlled in terms of temperature, pH, exhaustion time, bath ratio, and electrolyte concentration to ensure the reproducibility of the formulas obtained. The results indicated that the Ibarra fiber exhibited superior absorption and cleanliness compared to the Salasaca fiber. Furthermore, pH variation significantly influenced the shades obtained with purple cabbage and beetroot, making it crucial to maintain a slightly acidic to near-neutral pH, specifically between 6.5 and 7, to stabilize the color. The study concluded that achieving consistent and reproducible results requires strict control over the process parameters.

Keywords: dye pyramid; wool fiber; textile dyes; natural colorants; mordant

Fecha de recibido: 26/12/2024

Fecha de aceptado: 17/02/2025

Fecha de publicado: 18/02/2025

Introducción

La aplicación de fibras naturales y colorantes provenientes de fuentes vegetales ha sido una práctica ancestral en la industria textil. La lana es una de las fibras más utilizadas en procesos tintóreos debido a sus propiedades de absorción y retención de color, la cual la hace una fibra óptima para este tipo de tratamientos. Dentro del proceso tintórico se emplean mordientes para mejorar la fijación y estabilidad del color, ya que es fundamental en la tradición tintórea por diversas culturas. Esta investigación explora la interacción entre la fibra de lana, colorantes naturales y mordientes para optimizar la elaboración de una pirámide de tintura con alta reproducibilidad.

La fibra es cada uno de los filamentos que, dispuestos en ases, entran en la composición de los hilos y tejidos, ya sean minerales, artificiales, vegetales o animales. Fibra textil es la unidad de materia de todo textil, las características de una fibra textil se concretan en su: flexibilidad, finura y gran longitud referida a su tamaño. (Langford, Hollen, & Saddler, 1987)

Las fibras que se emplearon a inicios en la historia del textil fueron las que la propia naturaleza ofrecía, aunque existen más de 500 fibras naturales, muy pocas son en realidad las que pueden utilizarse industrialmente pues

no todas las materias se pueden hilar, ni todos los pelos y fibras orgánicas son aprovechables para convertirlos en tejidos. El carácter textil de una materia ha de comprender las condiciones necesarias de resistencia, elasticidad, longitud, aspecto, finura, etc. En la naturaleza, y con la única excepción de la seda, las fibras tienen una longitud limitada, que puede variar desde 1 mm, en el caso de los asbestos, hasta los 350 mm de algunas clases de lanas, y las llamamos fibras discontinuas. Químicamente podemos fabricar fibras de longitud indefinida, que resultarían similares al hilo producido en el capullo del gusano de seda y que denominamos filamentos; estos filamentos son susceptibles de ser cortados para asemejarse a las fibras naturales (Carrera Gallissà, 2017).

Para la presente investigación se analizara exclusivamente la fibra de lana (WO) que es un pelo suave y rizado que en forma de vellón recubre el cuerpo de los carneros y ovejas, está formada a base de la proteína llamada queratina, en torno al 20-25% de proporción total cada pelo es segregado en un folículo piloso y consta de una cubierta externa escamosa que repele el agua, varía entre 12 y 120 micras de diámetro, según la raza del animal productor y la región de su cuerpo, y entre 20 y 350 mm de longitud (Montesinos, Catachura, & Perezgrovas, 2018).

Los filamentos están ondulados, de ahí el aspecto esponjoso y cálido que tienen, además de conferirles una elasticidad del 30% al 50% por lo general el rizado de la fibra está en proporción directa con la calidad de la lana. Retiene el agua hasta el 40% o 45% de su peso por lo que cuesta secarse, esta capacidad de absorción de agua por la fibra no significa que se humedece, el agua no se adhiere a la superficie de la lana, sino que se introduce en la fibra, sufriendo una poderosa retención. Lana aparentemente seca al aire puede contener un 15% de agua (Montesinos, Catachura, & Perezgrovas, 2018).

La lana atrae y retiene la humedad, en evaporación constante cuando la temperatura exterior es suficientemente alta, absorbiendo calorías, lo que produce en el cuerpo la sensación de frescor, cuando la prenda de lana se lleva puesta, la propiedad que tiene de atraer la humedad actúa sobre la piel absorbiendo el sudor, impidiendo o retrasando su fermentación y el olor característico del sudor fermentado; no propaga la llama, no se funde y, por tanto, no se pega a la piel en caso de incendio, no se deforma fácilmente en puntos de roce continuo, como codos o rodillas, por su gran poder recuperación o resiliencia la prenda de lana recupera fácilmente la "caída", se puede decir que una de las desventajas de la lana es que, si se le somete a fricción + presión + humectación sus fibras se entrelazan de forma irreversible este fenómeno suele ocurrir al lavarla en lavadora, tal propiedad es aprovechada para la reutilización de los desperdicios de fibras de lana demasiado cortas para ser hiladas, a este no tejido se le denomina fieltro el mismo sirve para la fabricación de sombreros, revestimientos y aislantes acústicos (Peña, López, Abiatti, & Martínez, 2017). Las características anteriores son las que determinan que la lana forme un tejido de calidad y de larga duración.

Colorantes naturales

Los tintes naturales se extraen de plantas al pulverizarlas, desmenuzarlas o cortadas, las partes de la planta luego son colocadas en agua calentada a una temperatura justo por debajo del punto de ebullición hasta que el color se haya transferido al agua cuando el color es añadido a un material saturado en mordiente el tinte se adhiere entonces a la fibra del material los mordientes ayudan a que los colores se adhieran permanentemente en las fibras es decir los mordientes ayudan a fijar los colores en la fibra (Martínez, 2023).

Al final del siglo XX el color que rodea nuestras vidas en los objetos cotidianos es tan normal como comer y dormir miles de colores pueden estar a nuestra disposición y su existencia es absolutamente obvia lo que nunca podríamos concebir es un mundo sin colores porque desde siempre en nuestra historia de seres humanos estos han sido un medio para expresar y simbolizar nuestras creencias, un medio para satisfacer nuestro sentido estético (Itten, 2020).

Hoy disfrutamos en nuestros textiles de fibras naturales y de fibras hechas por el hombre, de la alizarina y del índigo sintético, del brillo de los tintes dispersos, de la calidad de los tintes reactivos pero para llegar al punto en el que hoy podemos disponer del color el ser humano recorrió por miles de caminos en busca de él y al mismo tiempo que aprendía a usarla la piedra y los metales e intentaba la agricultura las artes y los oficios el hombre iba reconociendo y utilizando el color que en la naturaleza existía (Hernández , 2017).

Mordientes o electrolitos

La palabra mordiente viene del latín *morder*, basada en la creencia de que algunas sustancias mordían la fibra para hacerla recibir mejor el tinte. Son sales minerales o metálicas, solubles en agua, que cuando se añaden al baño de tintura enlazan intensifican o cambian el color del baño de tintura y hacen que el color sea más fuerte a la luz, al lavado y al roce. Entre las comunidades indígenas andinas fueron trabajados los mordientes naturales utilizaron el término “enjebar” que era la acción de aplicar el mordiente a los hilos y tejidos, antes de recibir el baño de tintura (Martínez, 2023).

Los mordientes y los tintes naturales han estado estrechamente unidos con el descubrimiento de las sales de alumbre en las plantas, de las sales de hierro encontradas en barros y en las raíces como en la lengua de vaca Rumex, a medida que se fueron usando estas plantas como tintes, se encontró que tenían propiedades que hacían permanente el color y se fueron añadiendo a otros tintes por sus buenas cualidades todo esto se hacía sin conocer las propiedades químicas de las sales de alumbre o de hierro que contenían algunas plantas (Palacios & Rodas , 2021).

Materiales y métodos

La fibra de lana con la que se realizó la pirámide de tintura se la trajo desde Ibarra debido a que las características son mejores en cuanto a absorción y limpieza de la misa, en oposición con la fibra encontrada en el sector de Salasaca que presenta mayor cantidad de impurezas y un exceso de grasa lo que hace que la lana pierda absorción y estiramiento.

- Col morada
- Cáscara de naranja
- Remolacha
- Mordiente
- Reguladores de pH
- Recipientes
- Termómetro
- Cronómetro
- Balanza digital

- Colador
- Agitador o cucharas

Adicionalmente hay que resaltar que para la elaboración de la pirámide de tintura en fibra de lana con colorantes naturales se debe tener una buena absorción y limpieza para poder tener una reproducibilidad adecuada para poder realizar la pirámide de tintura.

Una vez realizadas las pruebas de absorción y limpieza de la fibra se determinó que la fibra proveniente de Ibarra presentaba mejores cualidades que la fibra de lana de proveniente de Salasaca, estas pruebas de absorción y limpieza fueron realizadas de la siguiente manera, se tomó las dos muestras de lana y se las dejó en el agua la que más rápido absorbió el agua fue la muestra de lana de Ibarra por lo que se concluyó que es la que mejor absorción presentó, y la de la limpieza se realizó una revisión visual en la que fue notorio la presencia de restos vegetales y mugre en la muestra de Salasaca.

Proceso de obtención del material tintóreo

Col morada

1. Primero se procede a separar las hojas del repollo del tronco principal.
2. Se pesa 1 kg de las hojas del repollo
3. Se colocan las hojas de la col morada en una olla con 2 litros de agua hasta cubrirlas totalmente y dejamos que hierva durante dos horas
4. Se deja enfriar este material tintóreo y cernimos para separar los residuos sólidos del mismo y se obtiene la solución tintórea de la col morada

Cascara de naranja

1. Se procede a lavar las cascara de la naranja
2. Pesamos 500 gr de cascara de naranja
3. Se coloca las cascara de naranja en una olla con 2 litros de agua hasta cubrirlas totalmente y dejamos que hierva durante dos horas
4. Finalmente, se deja que se enfríe este material tintóreo y cernimos para separar los residuos sólidos del mismo y ya tenemos la solución tintórea de la cascara de naranja

Remolacha

1. Procedemos a lavar las remolachas
2. Pesamos 1 kilo de remolachas y las licuamos sin agua
3. Cernimos o colamos el extracto obtenido
4. Obtenemos el extracto tintóreo de la remolacha

Proceso de tintura de lana con extractos naturales

Para empezar el proceso de tintura debemos saber cuáles van a ser las condiciones de tintura en las que vamos a desarrollar, en este caso las condiciones son las siguientes:

- Relación de Baño: 1:50
- Temperatura: 80 °C

- PH: 6.5
- Electrolito (Sulfato de Aluminio): 40 g/l

Resultados y discusión

Una vez determinadas las condiciones de tinte empezamos con el desarrollo del proceso que cumple con los siguientes pasos:

1. Primero, pasar a pesar la materia prima, es decir, la lana.
2. Con relación al peso de la lana colocamos el extracto tintóreo y el agua es decir es ponemos la cantidad de colorante necesaria para obtener el color requerido en este caso se debe colocar la mitad del baño con extracto tintóreo y la otra mitad de agua es decir realizamos una disolución del extracto tintóreo a la mitad, completamos el baño de tinte con agua hasta llegar a la cantidad de mililitros requerida, por ejemplo si tengo 5 gramos de materia prima (material a tinturar) multiplicamos este valor por el de la relación de baño (50) ese valor lo dividimos para 2 y esa es la cantidad de extracto tintóreo y agua que debemos colocar así:
 - Peso de material: 5 gr
 - Relación de baño: 1:50 ($5 * 50 = 250$ ml en total)
 - Extracto tintóreo: 125 ($250/2 = 125$ ml)
 - Agua: Relación de baño total – cantidad de extracto tintóreo ($250 - 125 = 125$ ml)
3. Agregamos el electrolito con relación a la cantidad de líquido total en el baño de tinte, esto se determina con la relación de baño que está considerada como condición de tinte para este proceso es de 1:50 lo que quiere decir que por cada litro del baño se debe colocar 50 gramos de electrolito, para este caso el ejemplo es el siguiente:
 - Baño de tinte: 250 ml o 0,250 ltr.
 - Electrolito: 50 g/l
 - Operación: $0,250 * 50 = 12,5$ gr de electrolito
4. Regulamos la cantidad de líquido total del baño de tinte de la siguiente manera si el baño de tinte total debe ser de 200 ml descontamos la cantidad de extracto tintóreo que se ha colocado por ejemplo si la cantidad de extracto tintóreo puesta para la tinte es de 100 ml completamos el baño de tinte con 100 ml de agua.
5. Una vez completo el baño de tinte procedemos a regular el pH a un valor de 6,5 para regular el pH tenemos varios elementos que podemos utilizar por ejemplo el zumo de limón, vinagre en el caso de los naturales y en el caso de compuestos químicos podemos utilizar ácido acético, ácido oxálico, ácido cítrico.
6. Regular el pH se procede a calentar el baño de tinte lentamente hasta llegar a los 80°C a esta temperatura debemos mantener el baño de tinte por 60 minutos, no se debe olvidar de mover el baño de tinte durante todo el tiempo para evitar que se manche el material a tinturar.
7. Después de estar 60 minutos a 80 °C procedemos a lavar la lana ya tinturada por rebose es decir que se debe agregar agua corriente al recipiente en el que se está realizando el proceso de tinte, luego sacamos la lana tinte y enjuagamos hasta que deje de botar color.

Finalmente, se procede a fijar la tintura y a suavizar, para este proceso utilizamos la misma relación de baño y colocamos un suavizante a base de ácido graso y un fijador, la cantidad de suavizante va a depender de lo que recomiende el fabricante, luego regulamos el pH a un valor de 4.5, para este proceso debemos colocar el recipiente a calentar hasta llegar a un máximo de 50 °C durante 30 minutos, una vez transcurrido el tiempo botamos el baño y escurrimos suavemente la lana tinturada fijada y suavizada, a la lana tinturada se la seca bajo la sombra sin que le dé el sol para que no pierda el color rápidamente.



Figura 1. Lana tinturada, resultado final.

Fuente: (Betancourt, 2013) [Trabajo propio]. **Nota:** Secar bajo sombra sin exponer al sol.

Curva de procesos

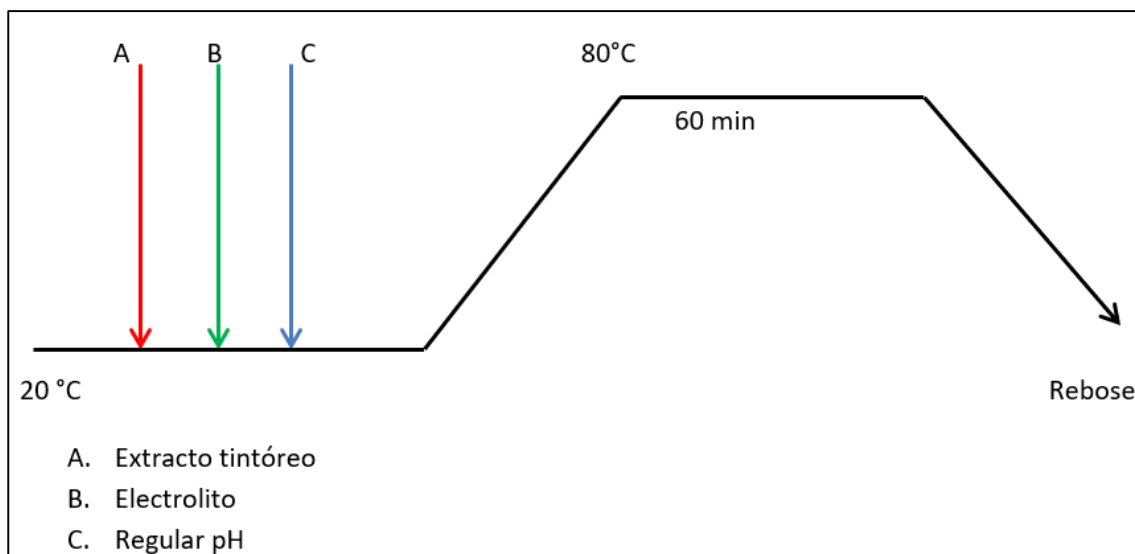


Figura 2. Curva de proceso de tintura de lana con colorantes naturales.

Fuente: (Betancourt, 2013) [Trabajo propio].

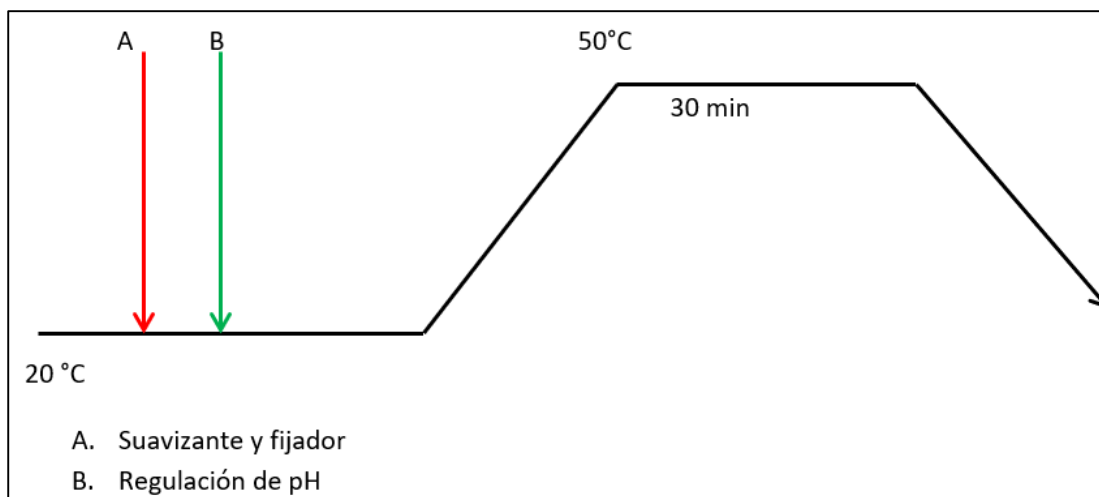


Figura 3. Curva de proceso de suavizado y fijado de lana con colorantes naturales.

Fuente: (Betancourt, 2013) [Trabajo propio].

Parámetros de control

Tabla 1. Parámetros de control para el extracto tintóreo de la col morada.

Parámetros de control	Col morada							
	Muestras							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Valor de pH	6,5	6,5	6,5	6,5	4,5	4,5	4,5	4,5
Electrolito	50 g/l	50 g/l	50 g/l	50 g/l	50 g/l	50 g/l	50 g/l	50 g/l
Tiempo (min)	30	40	50	60	30	40	50	60
Temperatura	80 °C	80 °C	80 °C	80 °C	80 °C	80 °C	80 °C	80 °C
Agotamiento (%)	40	50	60	80	40	50	60	80

Nota: Con la variación del pH también varía el color obtenido por lo que selecciona el pH 6,5.

Pirámides de tinte textil en lana para su aplicación en productos indumentarios

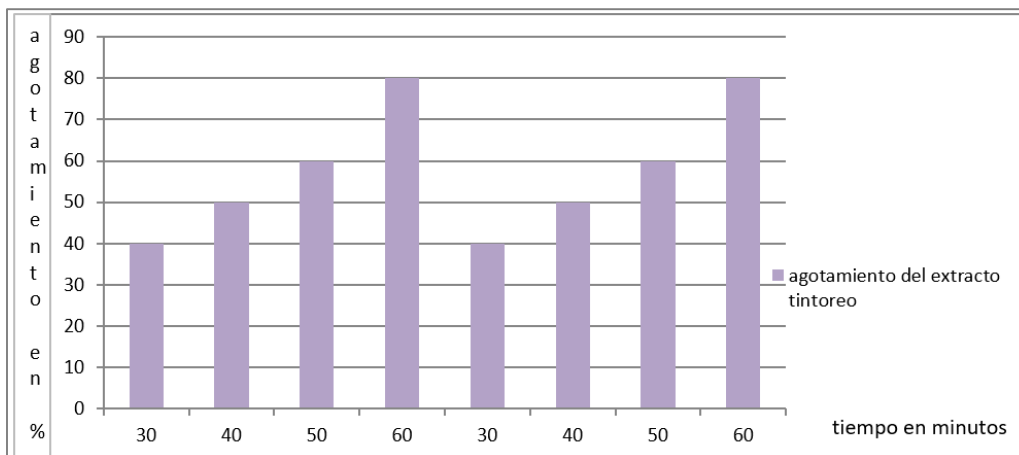


Figura 4. Gráfico porcentual del agotamiento del extracto tintoreo de la col morada.
Fuente: (Betancourt, 2013) [Trabajo propio].

Tabla 2. Parámetros de control para el extracto tintoreo de la col morada.

Parámetros de control	Cáscara de naranja							
	Muestras							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Valor de ph	6,5	6,5	6,5	6,5	4,5	4,5	4,5	4,5
Electrolito	50 g/l	50 g/l	50 g/l	50 g/l	50 g/l	50 g/l	50 g/l	50 g/l
Tiempo (min)	30	40	50	60	30	40	50	60
Temperatura	80 °C	80 °C	80 °C	80 °C	80 °C	80 °C	80 °C	80 °C
Agotamiento (%)	20	40	60	80	20	40	60	80

Nota: Con la variación del pH no varía el color obtenido.

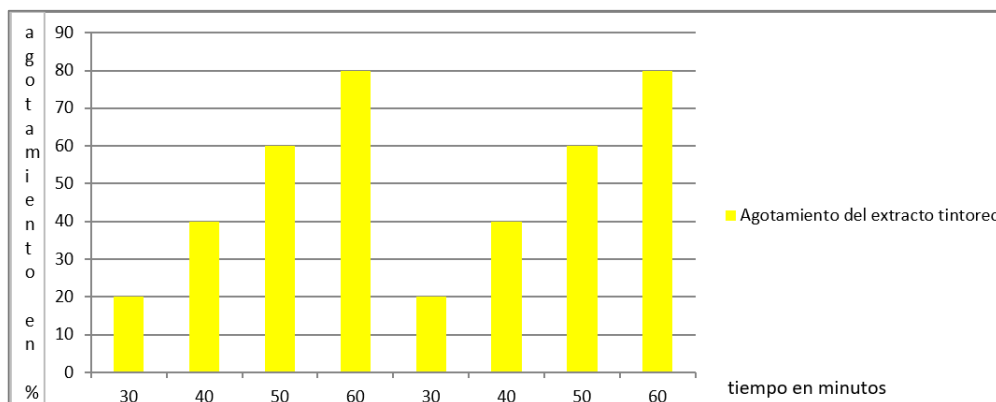


Figura 5. Gráfico porcentual del agotamiento del extracto tintoreo de la cáscara de naranja.
Fuente: (Betancourt, 2013) [Trabajo propio].

Tabla 3. Parámetros de control para el extracto tintóreo de la col morada.

Remolacha								
Parámetros de control	Muestras							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Valor de pH	6,5	6,5	6,5	6,5	4,5	4,5	4,5	4,5
Electrolito	50 g/l	50 g/l	50 g/l	50 g/l	50 g/l	50 g/l	50 g/l	50 g/l
Tiempo (min)	30	40	50	60	30	40	50	60
Temperatura	80 °C	80 °C	80 °C	80 °C	80 °C	80 °C	80 °C	80 °C
Agotamiento (%)	50	60	70	80	50	60	70	80

Nota: Con la variación del pH también varía el color obtenido por lo que selecciona el pH 6,5

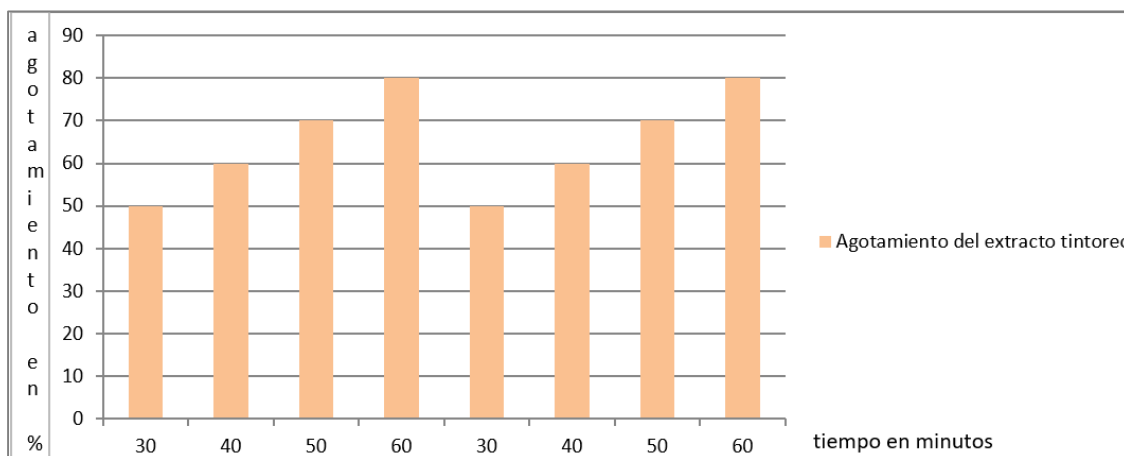


Figura 6. Gráfico porcentual del agotamiento del extracto tintóreo de la remolacha.

Fuente: (Betancourt, 2013) [Trabajo propio].

La fibra de lana con la que se realizó la pirámide de tinte se la trajo desde Ibarra debido a que las características son mejores en cuanto a absorción y limpieza de la misa, en oposición con la fibra encontrada en el sector de Salasaca que presenta mayor cantidad de impurezas y un exceso de grasa lo que hace que la lana pierda absorción y estiramiento. Se investigó los colorantes naturales con los que se trabajaba en la actualidad para determinar cuáles de los colorantes son los adecuados para la elaboración de la pirámide de tinte. Además, se determinó que los colorantes obtenidos de la col morada, la cascara de naranja y de la remolacha son los colorantes con los que se trabajará en la elaboración de fórmulas para la construcción de la pirámide de tinte.

Se determinaron las fórmulas para la obtención de tinte de la lana y la elaboración de la pirámide de tinte que son las siguientes:

- **Obtención de extracto tintóreo de la Col Morada:** Pesamos 1 kilo de hojas de col morada y las ponemos a hervir en 2 litros de agua durante 120 minutos, cernimos el líquido y ese líquido lo utilizamos como extracto tintóreo

- **Obtención de extracto tintóreo de la Cascara de Naranja:** Pesamos 1 kilo de cascara de naranja y las ponemos a hervir en 2 litros de agua durante 120 minutos, cernimos el líquido y ese líquido lo utilizamos como extracto tintóreo.
- **Obtención de extracto tintóreo de la Remolacha:** Pesamos 500 gr de remolacha y la trituramos, ponemos la remolacha triturada en una tela resistente y la exprimimos, el líquido resultante lo utilizamos como extracto tintóreo

Lo interesante y novedoso de esta investigación es que ya se tiene las fórmulas exactas para poder conseguir colores dentro de la gama de los colores tierra que cuentan con buena reproducibilidad lo que no sucedía antes ya que no se tenía determinado que cantidad de extracto tintóreo se debe utilizar para obtener cierto color, al igual que no se sabía que cantidad de materia prima se debe utilizar para obtener un extracto tintóreo con niveles de reproducibilidad aceptable.

Discusión

El estudio demuestra que la calidad de la fibra de lana influye directamente en la absorción y fijación de los colorantes naturales. La lana proveniente de Ibarra resultó ser ideal debido a su menor cantidad de impurezas y mayor capacidad de absorción, esto resalta la importancia de seleccionar adecuadamente la materia prima para lograr resultados óptimos en la tintura textil. Además, se observó que la regulación del pH juega un papel clave en la estabilidad del color, ya que niveles más ácidos o alcalinos pueden alterar significativamente la tonalidad obtenida. Por otro lado, se comprobó que el uso de mordientes como el sulfato de aluminio contribuye a la estabilidad del color y mejora la reproducibilidad del proceso de tintura.

La combinación de col morada, cáscara de naranja y remolacha permite obtener una gama cromática variada y estable, lo que refuerza la viabilidad de los colorantes naturales como alternativa sustentable en la industria textil. Sin embargo, aún es necesario continuar con estudios adicionales para determinar fijadores naturales que mejoren la durabilidad del color sin impacto ambiental. Se recomienda evaluar el comportamiento de estos tintes naturales en distintas fibras textiles y bajo diferentes condiciones ambientales para garantizar su durabilidad y resistencia en aplicaciones comerciales.

Conclusiones

Se determina que la lana dependiendo del lugar de procedencia tiene incidencia en el proceso de tintura con colorantes naturales y por ende en la formulación de la pirámide de tintura. En la investigación realizada se determina que los colorantes naturales con mayor afinidad para la lana son la remolacha, cascara de naranja, nogal y col morada.

De acuerdo con la experimentación se escoge la cascara de naranja, la remolacha y la col morada para las pirámides de tintura debido a que con estos colorantes naturales se obtienen los colores primarios de una tricromía de tintura que son amarillo, rojo y azul.

Se elaboran las formulaciones de las pirámides de tintura de lana con colorantes naturales sin tener mayor impacto ambiental en los residuos de la tintura, adicionalmente la utilización de sulfato de aluminio en el proceso de tintura ayuda a la disminución del impacto ambiental de los residuos de agua del mismo proceso

Para acercarse a niveles de reproducibilidad aceptable es necesario que todos los parámetros concernientes a la tinte sean controlados y mantenidos al máximo caso contrario habrá diferencias y poca reproducibilidad de colores

Mediante esta investigación se pudo constatar que es necesario el desarrollo de otro proyecto de investigación en el cual se determine cuáles podrían ser los fijadores y suavizantes naturales que se podrían ocupar para cerrar un proceso de tinte totalmente biodegradable y garantizar que el uso de colorantes naturales para la tinte de lana no presenta ningún tipo de problema en lo que solidez y durabilidad se refiere.

Referencias

- Adeel, S., Rehman, F., Hameed, A., Habib, N., Kiran, S., Zia, K. M., & Zuber, M. (2020). Sustainable extraction and dyeing of microwave-treated silk fabric using arjun bark colorant. *Journal of Natural Fibers*, 17(5), 745-756. <https://doi.org/10.1080/15440478.2018.1534182>
- Amutha, K. Annapoorani, S. Sudhapriya, N. (2020). Dyeing of textiles with natural dyes extracted from *Terminalia arjuna* and *Thespesia populnea* fruits, *Industrial Crops and Products*. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112303>
- Bechtold, T., & Mussak, R. (Eds.). (2021). *Handbook of natural colorants*. Wiley.
- Bhattacharya, S. D., & Shah, A. K. (2020). Natural dyes for textiles: Sources, chemistry, and applications. *Textile Progress*, 52(3) 30 - 56. DOI: 10.5772/21341
- Cardon, D. (2019). *The world of natural dyes: A journey through history, culture, and science*. Archetype Publications.
- Carrera Gallissà, E. (Julio de 2017). UPCommons. Obtenido de UPCommons: <http://hdl.handle.net/2117/106313>
- Hosseinnzhad, M. Gharanjig, K. Shahid, A. Rouhani, S. Homan, I. Narjes, R. (2022). The effect of ultrasound on environmentally extraction and dyeing of wool yarns. *Journal of Engineered fibers and fabrics*, 17(1) <https://doi.org/10.1177/15589250221104471>
- Haji, A., & Naebe, M. (2020). Cleaner dyeing of textiles using plasma treatment and natural dyes: A review. *Journal of Cleaner Production*, 265, 121866. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121866>
- Hernández, V. (2017). UPB. Obtenido de UPB: <http://hdl.handle.net/20.500.11912/3757>
- Itten, J. (2020). *El arte del color*. Barcelona: Gustavo Gili.
- Joderva, S. Kertakova, M. Zhezhova, S. (2020). Dyeing of textiles with natural dyes. In *Natural dyes* (pp. 12 - 21). DOI:[10.5937/tekstind2004012J](https://doi.org/10.5937/tekstind2004012J)
- Khan, S. A., Hussain, Z., & Sheikh, M. A. (2022). Natural dyeing of silk fabric using turmeric and pomegranate peel: A sustainable approach. *Journal of Natural Fibers*, 19(1), 1-12. <https://doi.org/10.1080/15440478.2020.1818352>
- Langford, A., Hollen, N., & Saddler, J. (1987). *Introducción a los textiles*. México: Limusa México.

- Lila, M. Komal, U. Singh, I. (2020). Extraction and Characterization of Munja Fibers and Its Potential in the Biocomposites. Journal of Natural Fibers, 19(7), 2675–2693. <https://doi.org/10.1080/15440478.2020.1821287>
- Martínez, J. (2023). Instituto Forestal (Chile). Obtenido de Instituto Forestal (Chile): <https://doi.org/10.52904/20.500.12220/32673>
- Montesinos, I., Catachura, A., & Perezgrovas, M. (2018). Archivos de Zootecnia. Obtenido de Archivos de Zootecnia: <https://doi.org/10.21071/az.v67i259.3787>
- Palacios, R., & Rodas, I. (2021). Repotisorio Universidad de Azuay. Obtenido de Repotisorio Universidad de Azuay: <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/11079>
- Peña, S., López, G., Abiatti, N., & Martínez, R. (2017). Rev. De Divulgación Técnica Agropecuaria, Agroindustrial y Ambiental. Obtenido de Rev. De Divulgación Técnica Agropecuaria, Agroindustrial y Ambiental.: https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_ovina/produccion_ovina_lana/89-pena-et-al.pdf
- Rather, L. J., Islam, S., Akhter, S., Hassan, Q. P., & Mohammad, F. (2021). Advances in the sustainable dyeing of wool with natural dyes: A review. Journal of Cleaner Production, 315, 128201. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128201>
- Vankar, P. S., & Shukla, D. (2022). Natural dyes for textiles: Sources, chemistry, and applications. In Sustainable practices in the textile industry (pp. 45-78). CRC Press.