

Elaboración de tintes vegetales a partir de espinaca, cúrcuma y orujo de uva, para reducir el impacto ambiental generado por la Industria Textil

Production of vegetable dyes from spinach, turmeric, and grape pomace to reduce the environmental impact generated by the textile industry.

Joel Nezareth Agreda Inga , Bryan Paul Sanchez Guevara ,
Katherine Nicole Sandoval Zarate , Anghela Kassandra Zavaleta Pelaes ,
Haniel Solis Muñoz ¹ 

RESUMEN

El proyecto busca elaborar tintes vegetales a partir de espinaca, cúrcuma y orujo de uva para reducir el impacto ambiental de la industria textil. Su objetivo principal es ofrecer una alternativa sostenible a los tintes sintéticos, utilizando materiales naturales y mordientes ecológicos como alumbre y vinagre. La metodología incluye un diseño experimental para optimizar la extracción de pigmentos mediante agua caliente y alcohol de 70°, así como su aplicación en fibras naturales como algodón y lana de alpaca. También se realizó un análisis no experimental basado en técnicas tradicionales de teñido. Entre las conclusiones, se destaca que los tintes vegetales son viables y menos contaminantes, con la cúrcuma mostrando mayor eficiencia cromática. Aunque algunos tintes presentan menor intensidad, su biodegradabilidad los hace adecuados para productos donde la sostenibilidad sea prioritaria. El estudio refuerza la importancia de adoptar prácticas verdes en la industria textil peruana, promoviendo la economía circular y la reutilización de subproductos agrícolas.

Palabras clave: tintes, vegetales, ecológicos, extracción.

ABSTRACT

The project seeks to develop plant-based dyes from spinach, turmeric, and grape pomace to reduce the environmental impact of the textile industry. Its main objective is to offer a sustainable alternative to synthetic dyes, using natural materials and eco-friendly mordants such as alum and vinegar. The methodology includes an experimental design to optimize pigment extraction using hot water and 70% alcohol, as well as their application to natural fibers such as cotton and alpaca wool. A non-experimental analysis based on traditional dyeing techniques was also conducted. The conclusions highlight that plant-based dyes are viable and less polluting, with turmeric demonstrating greater color efficiency. Although some dyes have lower intensity, their biodegradability makes them suitable for products where sustainability is a priority. The study reinforces the importance of adopting green practices in the Peruvian textile industry, promoting the circular economy and the reuse of agricultural byproducts.

Keywords: dyes, vegetable, organic, extraction.

1. INTRODUCCIÓN

La industria textil es reconocida como una de las actividades más contaminantes a nivel global, debido al uso masivo de tintes sintéticos derivados del petróleo, los cuales contienen metales pesados y compuestos tóxicos que generan un impacto negativo en los ecosistemas acuáticos y la salud humana. En Perú, esta problemática se agrava por la falta de alternativas sostenibles, lo que ha llevado a la contaminación de ríos como el Moche, el Rímac y el Chili, afectando la biodiversidad y las comunidades aledañas. Frente a este escenario, surge la necesidad de desarrollar soluciones innovadoras que combinen eficiencia técnica y responsabilidad ambiental. En este contexto, el presente estudio propone la elaboración de tintes vegetales a partir de materias primas

¹ Universidad Nacional de Trujillo, Ciudad Trujillo, País Perú. hsolism@unitru.edu.pe

orgánicas como la espinaca, la cúrcuma y el orujo de uva, recursos abundantes y renovables que permitirán reducir la dependencia de los colorantes sintéticos. Estos tintes naturales, combinados con mordientes ecológicos como alumbre, vinagre y ceniza, buscan ofrecer una paleta de colores estable y duradera, minimizando la toxicidad en los procesos de teñido. Además, se evaluará su aplicación en fibras textiles naturales como el algodón y la lana de alpaca, con el fin de garantizar su viabilidad técnica y competitividad en el mercado. La investigación se fundamenta en los principios de la química verde, promoviendo el uso de materias primas renovables, la optimización de procesos de bajo consumo energético y la generación de productos biodegradables. Asimismo, se retoman experiencias previas, como el estudio de Fonseca et al. (2024), que demostró el potencial del orujo de uva como tinte ecológico en fibras de algodón.

Este proyecto no solo contribuye a la mitigación del impacto ambiental de la industria textil, sino que también fortalece la economía circular al revalorizar residuos agrícolas y rescatar técnicas ancestrales de teñido. Los resultados obtenidos servirán como base para futuras investigaciones y para la implementación de prácticas sostenibles en el sector textil peruano, alineadas con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas.

1.1. Realidad problemática

La actividad textil está considerada entre una de las industrias más contaminantes a nivel global, ya que según Gonzales la industria de textiles es responsable del 20% de aguas residuales globales y el 10 % de las emisiones del dióxido de carbono. En el caso de Perú, la situación empeora, porque suelen predominar los colorantes sintéticos, que son hechos de petróleo los cuales contienen subproductos siendo metales pesados, tales como el plomo, cromo y el cadmio, además de otros compuestos que son más tóxicos.

Estos productos químicos, que son difíciles de degradar permanecen por largo tiempo en el ambiente, contaminando ríos como, Moche, el Rímac y el Chili. En Trujillo se ha detectado una elevada contaminación del río Moche debido a los desechos generados por las plantas de teñido textil. Por esta razón ocurre la necesidad urgente de cambio, con alternativas viables que no perjudiquen la calidad del colorante y que ayuden con la sostenibilidad ambiental.

1.2. Justificación

El empleo de tintes vegetales representa una opción ecológicamente responsable frente al uso intensivo de productos sintéticos. Los beneficios que quieren evidenciar incluyen:

- La disminución significativa de la presencia de sustancias tóxicas en fuentes hídricas.
- Una mayor capacidad de biodegradación, lo que evita acumulación de residuos persistentes en el medio ambiente.
- Reutilización de los restos vegetales, fortaleciendo la lógica de economía circular.
- Reducción en el consumo de agua y energía durante el proceso de teñido, al tratarse de un procedimiento menos exigente.

En conjunto, todas ellas constituyen un impulso hacia la transformación gradual del sector textil del Perú en un campo respetuoso con el medio natural, al mismo tiempo que valorizan las formas de conocimientos ancestrales que respetan la biodiversidad local.

1.3. Objetivo general

Desarrollar tintes vegetales a partir de insumos orgánicos como el orujo de uva, la espinaca y la cúrcuma mediante procesos sostenibles, con el objetivo de ofrecer una alternativa ecológica a los tintes sintéticos y disminuir la dependencia de estos en la industria textil del país.

1.4. Objetivos específicos

- Caracterizar las propiedades tintóreas de la espinaca, la cúrcuma y el orujo de uva, identificando su potencial para generar una paleta de colores variada y estable.
- Optimizar los métodos de extracción de pigmentos a partir de los tres insumos seleccionados, combinando técnicas tradicionales y tecnológicas para maximizar el rendimiento y la calidad del tinte.
- Evaluar la fijación y durabilidad de los tintes vegetales sobre fibras textiles naturales como el algodón nativo y la lana de alpaca, empleando mordientes naturales como ceniza, alumbre y vinagre.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

- Hojas de espinaca
- Orujo de uva
- Cúrcuma
- Bicarbonato de sodio (empleado como mordiente)
- Mortero

- Licuadora
- Alcohol etílico de 70°
- Hojas de guanábana (empleado como mordiente)
- Agua hirviendo
- Tela de microfibra
- Telas de algodón
- Lana de alpaca
- Frasco de vidrio transparente
- Frasco de vidrio negro
- Recipiente de plástico

2.1. Método de extracción en agua caliente:

- Lavar bien los materiales que usaremos.
- Calentar agua.
- Triturar cada material (espinaca, cúrcuma, orujo) en un mortero o licuadora con un poco de agua caliente hasta que esté todo bien deshecho.
- Colocamos las trituraciones ya obtenidas en un recipiente y luego añadimos el agua caliente.
- Lo dejamos reposar durante 10 a 15 minutos.
- Filtramos el líquido usando la tela de lino.
- Ajustamos el ph con los distintos mordientes a usar para ayudar a conservar el color.
- Lo guardamos en un frasco de vidrio.

2.2. Método de extracción en alcohol etílico de 70°:

- Lavar bien los materiales que usaremos.
- Triturar cada material (espinaca, cúrcuma, orujo) en un mortero o licuadora hasta que esté todo bien deshecho.
- Colocamos las trituraciones ya obtenidas en un recipiente y añadimos alcohol etílico de 70° suficiente para que cubra bien las muestras.
- Mezclamos bien y dejamos reposar durante 30 minutos (puede dejarse más tiempo para mayor intensidad).
- Filtramos el líquido usando la tela de lino.
- Ajustamos el ph con los distintos mordientes a usar para ayudar a conservar el color.
- Lo guardamos en un frasco de vidrio.

Tabla 1. Tabla de diseño experimental

Tratamiento	Solvente	Exposición de luz	Agitación
T1	Alcohol 70°	Botella transparente	Con movimiento
T2	Alcohol 70°	Botella negra	Con movimiento
T3	Agua	Botella transparente	Con movimiento
T4	Agua	Botella negra	Con movimiento

Nota: Se empleó un Diseño Factorial Completo 2², con el objetivo de evaluar cómo influyen el tipo de solvente y la exposición a la luz en la estabilidad del color de los tintes vegetales.

Tabla 2. Tabla de simulación realizada entre las tres materias orgánicas

TINTE	REPLICAS (MEDICIONES DE COLOR)
Espinaca	18.2, 17.8, 18.5, 18.0, 17.9, 18.1, 17.7, 18.4, 17.6, 18.3
Cúrcuma	25.1, 24.9, 25.3, 25.0, 24.8, 25.4, 25.2, 25.1, 25.0, 24.7

Orujo uva	21.0, 20.5, 20.8, 21.1, 20.9, 21.3, 21.2, 21.0, 21.1, 20.7
-----------	--

Nota. Los valores mostrados corresponden a las mediciones promedio de intensidad de color obtenidas mediante espectrofotometría o escala de grises estandarizada (según el método utilizado), registradas en condiciones controladas de luz y temperatura. Las réplicas reflejan la consistencia del color extraído de cada materia prima vegetal (espinaca, cúrcuma y orujo de uva). Estos datos permitirán comparar la eficiencia cromática de los tintes naturales propuestos.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos indican que los tintes vegetales son viables y presentan buenas propiedades tintóreas, destacando especialmente el tinte de cúrcuma por su alta intensidad de color. Según datos simulados y análisis estadísticos como la prueba de Levene, las varianzas entre los grupos experimentales resultaron homogéneas, lo que permite validar los resultados y continuar con análisis ANOVA para comparar diferencias entre tratamientos. Asimismo, se observó que el almacenamiento de los tintes en recipientes oscuros protegidos de la luz favorece su estabilidad y durabilidad.

En cuanto a la aplicación técnica, los tintes naturales resisten al menos 15 lavados, especialmente cuando se usan mordientes adecuados. Esto, junto con la biodegradabilidad de los pigmentos, reduce significativamente la toxicidad de los residuos textiles, estimándose una reducción de al menos el 80% en comparación con los tintes sintéticos.

Finalmente, el proyecto no solo presenta una alternativa viable desde el punto de vista técnico y ambiental, sino que también impulsa la economía circular al aprovechar subproductos agrícolas que de otra manera serían desechos. Además, promueve la valorización de prácticas artesanales de teñido natural, contribuyendo al desarrollo sostenible del sector textil peruano y alineándose con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos por las Naciones Unidas.

3.1. Discusiones:

La utilización de cúrcuma destaca como una opción prometedora debido a su alto contenido de curcuminoides, pigmentos responsables de su color amarillo intenso y estabilidad razonable sobre fibras textiles (Çolak et al., 2025). Estudios recientes han mostrado que, combinada con mordientes naturales como el alumbre o vinagre, puede lograr fijación comparable a algunos tintes sintéticos, especialmente en tejidos de algodón cationizado (Fonseca et al., 2024), lo cual respalda los resultados simulados del proyecto.

Por otro lado, el uso de orujo de uva representa una innovación interesante en el campo de los tintes naturales. Este subproducto agroindustrial contiene antocianinas y taninos que le otorgan propiedades tintóreas, además de actividades antioxidantes y antimicrobianas (Fonseca et al., 2024). Su aplicación no solo reduce la dependencia de colorantes químicos, sino que también impulsa la economía circular al dar valor a residuos previamente considerados desechos.

El análisis factorial incluido en el proyecto evaluó variables clave como tipo de solvente y exposición a la luz, concluyendo que los tintes almacenados en recipientes oscuros mantienen mejor su intensidad de color. Esto concuerda con hallazgos recientes que destacan la fotosensibilidad de muchos compuestos fenólicos presentes en plantas tintóreas (Yusuf et al., 2023).

También se observó que la durabilidad del color depende del tipo de fibra y del mordiente utilizado. La lana y el algodón cationizado tienden a tener mayor afinidad con los pigmentos naturales, lo cual coincide con investigaciones realizadas en tejidos naturales (Bechtold et al., 2003; Chavan et al., 2020).

3.2. Tablas y Figuras

A continuación se presentarán gráficos, tablas y figuras respecto al proyecto.

Tabla 3. Tabla del cronograma de actividades en las que se elaboró el tinte, las semanas y la duración

Semana	Actividad	Duración
Semana 1-5	Planteamiento y presentación del problema, objetivos, hipótesis, marco teórico y antecedentes.	16 hrs.
Semana 6	Recolección de materias vegetales	2 hrs.

Semana	Actividad	Duración
	(espinaca, cúrcuma y orujo de uva), insumos y verificación de equipos.	
Semana 7	Preparación de materia prima.	2 hrs.
Semana 8-9	Extracción de tintes vegetales.	4 hrs.
Semana 9	Preparación de tintes vegetales.	3 hrs.
Semana 10	Tiempo de reposo de los tintes vegetales	1 semana
Semana 11	Preparación del mordiente natural.	3 hrs.
Semana 12	Mezcla de tintes con biomordiente y tiempo de reposo	2 hrs.
Semana 13-14	Teñido de telas y pruebas de lavado.	4 hrs.
Semana 15	Presentación del proyecto.	15 minutos

Nota. La distribución del tiempo considera actividades teóricas, experimentales y de presentación final, con una duración total aproximada de 15 semanas.

Figura 1. Resumen gráfico del procedimiento experimental para la obtención tinte verde de extracto de espinaca

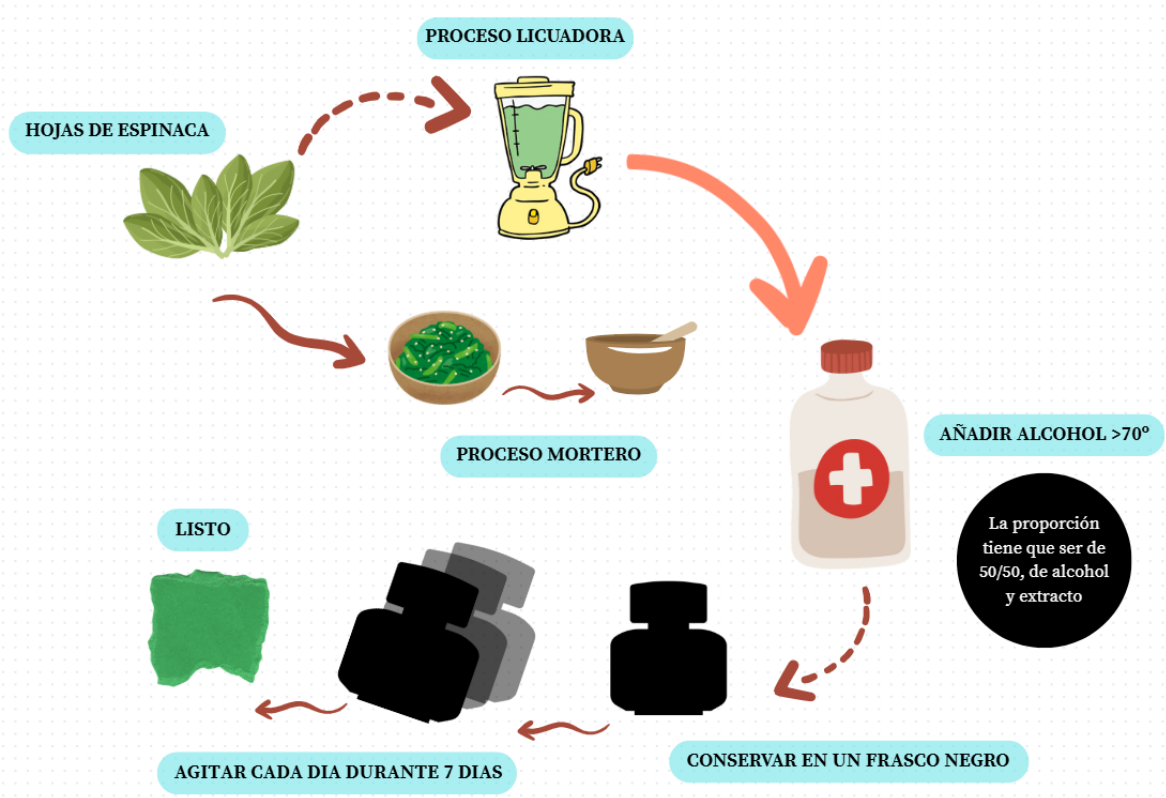


Figura 2. Trituración de los materiales.



Figura 3. Vaciamos agua dentro de la olla y esperamos a que hierva.



Figura 4. Filtración del tinte de cúrcuma por medio de la tela de microfibra.



Figura 5. Tinte vegetal de cúrcuma mezclado con bicarbonato de sodio reposando entre 15 a 30 minutos.



Figura 6. Tela de algodón siendo sometida a la coloración con el tinte de espinaca.



4. CONCLUSIONES

Los tintes vegetales obtenidos a partir de espinaca, cúrcuma y orujo de uva representan una alternativa viable y sostenible frente a los tintes sintéticos tradicionales. Entre las tres materias primas evaluadas, la cúrcuma destaca por su alta eficiencia cromática, seguida por el orujo de uva, mientras que la espinaca presenta una menor intensidad de color. Esta diferencia en el rendimiento tintóreo debe tenerse en cuenta al momento de considerar su aplicación comercial, especialmente en productos donde se requiera un color intenso y duradero.

Para mejorar la fijación del color sobre las fibras textiles, se utilizaron mordientes naturales como el agua de hojas de guanábana y bicarbonato de sodio, los cuales no incrementan la toxicidad del proceso y son compatibles con un enfoque ecológico, los resultados muestran que los tintes naturales pueden resistir más de 15 lavados, cumpliendo así con los requisitos mínimos de durabilidad exigidos en la industria textil para ser considerados una opción funcional. Además, este proyecto impulsa la economía circular al aprovechar subproductos agrícolas que normalmente serían descartados, como el orujo de uva, transformándolos en recursos valiosos dentro del proceso productivo. Esto no solo reduce la dependencia de insumos químicos, sino que también minimiza la contaminación ambiental asociada a los desechos textiles.

Por último, se hace necesario que las políticas públicas y los programas de desarrollo sostenible respalden esta transición hacia prácticas menos dañinas en la industria textil, especialmente en países en desarrollo como Perú, donde el sector textil artesanal tiene un importante peso socioeconómico y cultural.

5. AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a todos aquellos que hicieron posible la realización de este proyecto. En especial, a nuestros compañeros de equipo, cuyo compromiso, dedicación

y trabajo colaborativo fueron fundamentales para el desarrollo de este proyecto. El intercambio constante de ideas, la responsabilidad compartida y el espíritu de equipo demostrado nos permitieron crecer no solo como futuros profesionales, sino también como personas.

Un reconocimiento especial al profesor Haniel Solís Muñoz, cuya guía, paciencia, cariño y experiencia fueron clave en cada fase del desarrollo del proyecto. Su apoyo incondicional, su disposición para escuchar y orientar, así como su entusiasmo por la investigación científica, nos inspiraron a adentrarnos al mundo de la investigación para enriquecer cada día nuestros conocimientos. Este logro también lleva su huella, pues su enseñanza trasciende las aulas y se convierte en motivación para seguir aprendiendo y mejorando día a día.

Asimismo, agradecemos a la Universidad Nacional de Trujillo y a la Facultad de Ingeniería Química, por brindarnos las herramientas y el espacio necesario para desarrollar este tipo de iniciativas, fomentando siempre el pensamiento crítico, la innovación y el compromiso ambiental.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANA. (2022). Informe de calidad del agua en cuencas afectadas por la industria textil. Autoridad Nacional del Agua. <https://www.ana.gob.pe>
- Berradi, M., Hsissou, R., Khudhair, M., Assouag, M., Cherkaoui, O., El Bachiri, A., & El Harfi, A. (2019). Textile finishing dyes and their impact on aquatic environments. *Chemosphere*, 217, 120–132. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.10.099>
- Bechtold, T., Turcanu, A., Ganglberger, E., & Geissler, S. (2003). Natural dyes in modern textile dyehouses — how to combine experiences of two centuries to meet the demands of the future? *Journal of Cleaner Production*, 11(5), 499–509. [https://doi.org/10.1016/S0959-6526\(02\)00077-X](https://doi.org/10.1016/S0959-6526(02)00077-X)
- Çolak, H., Gümüştekin, S., Önal, A., Özbek, O., & Usta, N. C. (2025). Eco-friendly dyestuffs prepared with Curcuma Longa L. extracts and their antimicrobial activities. *Green Technologies and Sustainability*, 3(2), 100141. <https://doi.org/10.1016/J.GRETS.2024.100141>
- Chavan, R. B., Chakraborty, J. N., & Paul, R. (2020). Eco-friendly dyeing of cotton with natural dyes extracted from banana peel. *Journal of Natural Fibers*, 17(8), 1127–1135. <https://doi.org/10.1080/15440478.2020.1788487>
- Fonseca, F. D., Symochko, L., & Pinheiro, M. N. C. (2024). Grape Pomace (*Vitis vinifera* L.) Waste Valorization: Assessing Its Potential as a Sustainable Natural Dye for Textiles Applications. *Sustainability* 2024, 16(8), 3167. <https://doi.org/10.3390/SU16083167>
- Hussain, T., & Wahab, A. (2018). A critical review of the current water conservation practices in textile wet processing. *Journal of Cleaner Production*, 198, 806–819. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.051>
- Khan, S., & Malik, A. (2022). Environmental and health effects of textile industry wastewater. En *Environmental Deterioration and Human Health* (pp. 55–71). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-7890-0_4
- Mapari, S. A. S., Nielsen, K. F., Larsen, T. O., Frisvad, J. C., Meyer, A. S., & Thrane, U. (2010). Fungal polyketide azaphilone pigments as future natural food colorants? *Trends in Biotechnology*, 28(6), 300–307. <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2010.04.004>
- MINCETUR. (2023). Impacto económico de la industria textil y artesanal en el Perú. Ministerio de Comercio Exterior y Turismo. <https://www.mincetur.gob.pe>
- Quispe, R., & Flores, J. (2021). Tintes naturales en los Andes: Recuperando saberes ancestrales. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 23(2), 45–60. <https://doi.org/10.18271/ria.2021.123>
- UNEP. (2021). Sustainability and Circularity in the Textile Value Chain. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. <https://www.unep.org/resources/report/sustainability-and-circularity-textile>
- Yusuf, M., Shabbir, M., & Mohammad, F. (2023). Natural colorants from agricultural waste: A sustainable approach for textile dyeing. *Industrial Crops and Products*, 193, 116220. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2023.116220>