

4

MODELOS CINÉTICOS PARA TINTURA ARTESANAL EN COLOMBIA

Angela Maria García Mora

PÁGS 40 - 60



MODELOS CINÉTICOS PARA TINTURA ARTESANAL EN COLOMBIA

Kinetic Models for Handcrafted Dyeing in Colombia

Angela María García Mora¹

RESUMEN

El Centro de Manufactura en Textil y Cuero SENA Regional Distrito Capital ha realizado proyectos que apoyen en la dignificación y valorización de la labor artesanal. En el 2020 se inicia el proyecto SGPS 6645-2019 "Desarrollo de modelos cinéticos para los procesos de tintura artesanal" que busca entender los mecanismos involucrados en el proceso de teñido y las interacciones existentes entre las fibras y colorantes utilizados por comunidades artesanales. Este artículo busca identificar los métodos de seguimiento cinético utilizados previamente y conocer las materias primas de uso frecuente en el trabajo artesanal colombiano. Se realizó una revisión científica, mediante palabras clave, de fuentes secundarias disponibles en el Centro de Investigación y Documentación para la Artesanía (CENDAR) y la base de datos Web of Science™ agregando experiencias documentadas dentro del Centro. Se encontró que para el seguimiento cinético los autores utilizan técnicas de espectroscopia UV-Vis e isothermas de adsorción, y en referencia a los materiales artesanales se encontró que las comunidades hacen uso tanto de materiales sintéticos como naturales, pero aún conservan tradiciones relacionadas con la extracción de fibras y colorantes a partir de especies vegetales disponibles en cada región del país. En conclusión, el proyecto SGPS 6645-2019 puede seguir desarrollándose, utilizando las capacidades del laboratorio del CMTC - SENA y replicando técnicas artesanales con el tinturado de fibras de fique y algodón, utilizando colorantes naturales de mora y sangregao los cuales se utilizan en procesos artesanales de tejeduría en varias regiones del país.

ABSTRACT

The Textile and Leather Manufacturing Center- SENA Capital District has carried out projects that seek to value artisan work. In 2020, the SGPS 6645-2019 project "Development of Kinetic Models for Artisanal Dyeing Processes" begins, which looks for understanding mechanisms involved in the dyeing process and existing interactions between the fibers and dyes used by artisan communities. This article aims to identify the previously used kinetic monitoring methods and to ascertain the raw materials frequently used in Colombian artisanal work. A scientific review was carried out, using keywords, in secondary sources available at the Center for Research and Documentation for Crafts (CENDAR) and Web of Science™ database in addition to documented experiences within the Center. It was found that for kinetic monitoring the authors use UV-Vis spectroscopy techniques and adsorption isotherms, and in reference to artisanal materials communities were found to use both synthetic and natural materials, but still preserve traditions related to extraction of fibers and dyes from plant species available in each region of the country. In conclusion, the SGPS 6645-2019 project can continue to be developed, using the capabilities of the CMTC- SENA laboratory, and replicating artisanal techniques with both fique and cotton fibers. Dyeing can be done by using natural blackberry and "sangregao" which are used in artisanal weaving processes in several regions of the country.

PALABRAS CLAVE: colorantes naturales, comunidades artesanales, fibras naturales, mordientes, teñido artesanal.

KEYWORDS: natural dyes, artisan communities, natural fibers, mordants, handcrafted dyeing.

1. angelagarcia@sena.edu.co, Servicio Nacional de Aprendizaje SENA

INTRODUCCIÓN

La cinética de procesos químicos busca entender la velocidad en la que ocurren las reacciones y cómo se ve influenciada por condiciones como la temperatura o la presencia de catalizadores. Los modelos cinéticos en el teñido textil sirven para entender los mecanismos involucrados en el proceso de tintura y las interacciones existentes entre fibra y colorante (Shahid ul & Sun, 2017).

Estos modelos se utilizan para caracterizar un método de teñido particular, entender el efecto que tienen cierto tipo de colorantes sobre las fibras textiles, o revisar el efecto de implementar nuevos métodos de tintura en el producto final, como lo presentan Gawish, Ramadan, & Mosleh, (2019) al proponer diferentes métodos de modificación para mejorar el teñido de telas de polipropileno y estudiar la cinética involucrada al realizar estos cambios.

En este artículo se realiza una revisión a los modelos cinéticos de tintura buscando especialmente la información relacionada con el comportamiento de colorantes textiles de origen natural ya que se busca estudiar la cinética del teñido artesanal, caracterizado por utilizar este tipo de colorantes sobre todo en fibras textiles también de origen natural. Respecto a este tema en particular, Shahid-ul-Islam, (2017) hace una revisión más amplia incluyendo no solo la cinética sino también la termodinámica y los terminados multifuncionales de materiales textiles con colorantes extraídos de fuentes naturales, allí presenta el potencial que tienen los colorantes naturales para el terminado funcional con propiedades desodorizantes, antimicrobianas y de protección UV, entre otras.

En el tema de colorantes naturales, en nuestro continente se han realizado varias revisiones relacionadas con su uso, sin incluir necesariamente los modelos cinéticos como la revisión de colorantes naturales textiles extraídos a partir de plantas (Mohd-Nasir et al., 2018), de hongos (Meruvu & dos Santos; Pimenta, Gomes, Cardoso, & Takahashi, 2021) y con procesos de fermentación microbiana (Kim & Ku, 2018). Existen también en cada país guías detalladas para el teñido y estampado artesanal como el trabajo de Lesur (2006) con el manual de teñido y estampado artesanal de telas, o los documentos que realiza Artesanías de Colombia y se pueden consultar en su repositorio CENDAR: <https://repositorio.artesantiasdecolombia.com.co/> en el cual se puede realizar una búsqueda por materia prima de interés.

En América también se encontraron investigaciones relacionadas con alternativas verdes para el proceso de teñido textil, como el uso de teñido enzimático (S. A. Chatha, Shahid, Asgher, & Iqbal, 2017), biotextiles (da Silva et al., 2021) y procesos de terminado ambientalmente responsables (S. A. S. Chatha et al., 2019).

En Colombia el Centro para la industria gráfica (Cenigraf) presenta un libro que retoma las técnicas ancestrales japonesas con la técnica Shibori (Martin, 2016) y en 1995 Gloria Montoya y Sandra Palacio realizaron su trabajo de grado para el título de Técnico en confección industrial sobre el proceso de teñido artesanal incluyendo una reseña histórica, las plantas tintóreas disponibles a nivel mundial y todos las técnicas, equipos y procedimientos conocidos hasta ese momento (Montoya G., 1995), estos libros y documentos científicos permiten a un lector interesado llevar a cabo procesos de teñido artesanal sin necesidad de involucrarse a profundidad en el modelado cinético.

En el Centro de Manufactura en Textil y Cuero SENA Regional Distrito Capital (CMTC-SENA) se han venido trabajando en proyectos de investigación e innovación que sirvan para dignificar la labor artesanal y para apoyar en la mejora de la calidad de productos teñidos con colorantes naturales, buscando mantener este tipo de prácticas a través del aprendizaje y documentación, generando procesos de cocreación no invasivos, y ofreciendo a las comunidades estabilizantes y protocolos de teñido que mejoren la solidez del color a través del tiempo de uso (Díaz, Moya, & Venegas, 2019).





En el año 2020 se inicia el proyecto SGPS 6645-2019 titulado “Desarrollo de modelos cinéticos para los procesos de tintura artesanal” que tiene como objetivo encontrar modelos cinéticos que describan los procesos de adsorción de colorantes naturales sobre fibras naturales, utilizando materias primas frecuentes en las comunidades artesanales ubicadas en Bogotá y Cundinamarca. Se busca que los modelos cinéticos generados sirvan para generar mejoras en el proceso artesanal y para motivar al sector industrial a utilizar colorantes naturales como una alternativa sostenible a la tintorería tradicional.

Derivado de este proyecto surge el presente artículo de revisión que busca identificar métodos viables para lograr la caracterización cinética del teñido artesanal e identificar las materias primas de uso frecuente en las comunidades artesanales de Colombia, y en más detalle de aquellas ubicadas en la región del Distrito Capital.

Este artículo se divide en dos secciones. En la primera sección se describen los resultados de la vigilancia científica concerniente a modelos cinéticos para tintura textil, al principio se presentan los resultados de cinética de adsorción de colorantes en aguas residuales (Sección 1.1) y luego en la sección 1.2 se presentan las publicaciones científicas relacionadas con la cinética del proceso de teñido presentando en detalle el trabajo de Tang, et al., (2018) en el que se ejemplifica el método y los resultados esperados en un modelado cinético de teñido (1.2.1), se presentan los resultados de Zhang y Tang (2018) quienes estudian la cinética de adsorción de un compuesto retardante a la llama sobre Nylon (1.2.2) y los hallazgos más sobresalientes en el tema específico de colorantes naturales (1.2.3).

En la segunda sección se hace una revisión a las materias primas y los procesos frecuentemente utilizados en las comunidades artesanales colombianas presentando las fibras más utilizadas en el apartado 2.1 y el proceso de tintura artesanal en el numeral 2.2 describiendo experiencias específicas de tinturado artesanal de fique (2.2.1) y algodón (2.2.2) de artesanos ubicados en los núcleos artesanales de la Sierra Nevada de Santa Marta y los Montes de María, respectivamente.

Este artículo finaliza con las conclusiones derivadas de la revisión que se utilizaron como insumo para continuar con el desarrollo del proyecto SGPS 6645-2019 del CMTC-SENA.

METODOLOGÍA

La revisión científica se realizó a través de la búsqueda, lectura, análisis y resumen de fuentes secundarias. La mayoría de material recopilado para la caracterización de teñido artesanal se obtuvo de documentos publicados por el Centro de Investigación y Documentación para la Artesanía (CENDAR) y experiencias documentadas dentro del CMTC-SENA.

La revisión científica relacionada con modelos cinéticos para colorantes se realizó con una búsqueda de publicaciones científicas dentro de la base de datos Web of Science de Clarivate Analytics, a través de palabras clave en inglés, debido a que el 95.37% de las publicaciones de la base de datos se encuentran en este idioma (Vera-Baceta, M.-A., Thelwall, M., & Kousha, K., 2019).

Las palabras clave se buscaron en todos los campos de las publicaciones, es decir que podían aparecer en el título, resumen o contenido de los artículos científicos. Se utilizó el carácter asterisco (*) como un recurso para obtener resultados con las mismas letras de inicio pero diferente finalización, por ejemplo para buscar cinética, cinético, cinéticos se utilizó la palabra *cinetic**, que en inglés es *kinetic**, de igual manera se utilizó la palabra *dye** que hace alusión a tintura o tinturado e incluso a colorantes, también se utilizó *textil** y en algunos casos se adicionaron los condicionales de NOT degradation y NOT removal en la búsqueda para que no aparecieran resultados referentes al tratamiento final de las aguas residuales de teñido.

RESULTADOS

1. Modelos Cinéticos de Teñido Textil

Al realizar la vigilancia científica de cinética de colorantes textiles se encontraron principalmente publicaciones relacionadas con la cinética de adsorción de colorantes textiles sobre diferentes tipos de materiales como una medida de mitigar la contaminación en fuentes hídricas causada por los procesos de tintorería textil, por lo que se adicionaron los condicionales de NOT degradation y NOT removal, para que no aparecieran resultados que tuvieran la palabra degradación o remoción en el texto de las publicaciones científicas, así fue más sencillo identificar trabajo relacionados con la cinética de adsorción de colorantes en fibras textiles.





A continuación, se presentan los resultados de la vigilancia, separando los trabajos de adsorción de colorantes en aguas residuales y los de cinético del teñido.

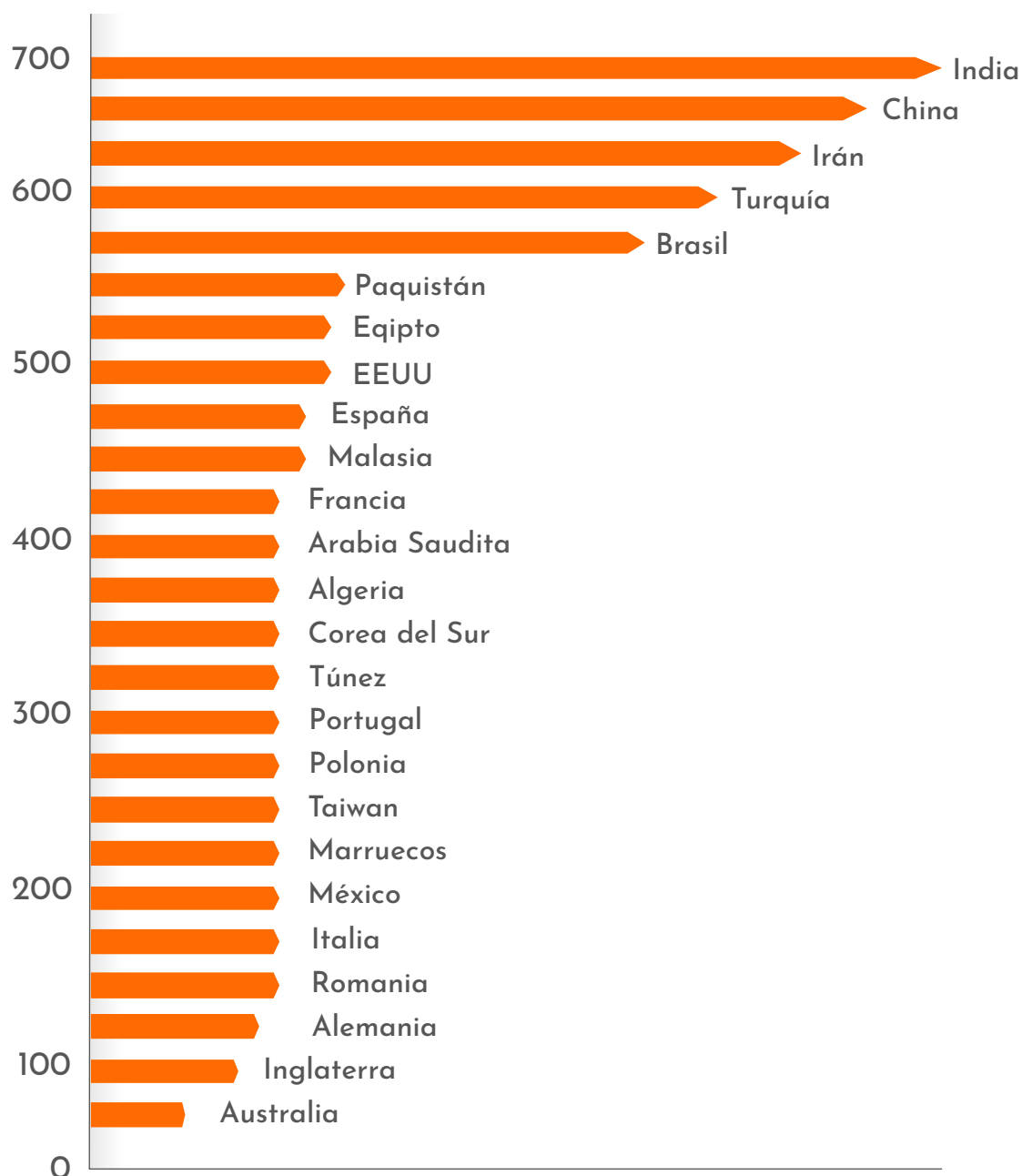
1.1 Adsorción de Colorantes en Aguas Residuales

La remoción y degradación de colorantes presentes en aguas residuales de la tintorería ha sido un tema de interés hace varios años debido al impacto negativo que tienen los colorantes y ayudantes de teñido textil en la calidad del agua. El impacto ambiental está ligado a la ubicación de plantas de tintorería y se encontró que esto influencia la ubicación de las instituciones que generan la mayor cantidad de publicaciones relacionadas. Es así como el primer lugar lo ocupa India, seguido de Irán, China, Turquía y Brasil (Figura 1). Colombia aparece en el lugar 32 con 27 publicaciones, 9 de ellas de investigadores con afiliación a la Universidad Nacional de Colombia.

Para la remediación de efluentes se ha estudiado el uso de nanopartículas y adsorbentes orgánicos. Mahmoodi NM, uno de los autores con mayor número de publicaciones en el tema, ha estudiado la remoción de Direct Red 80 (DR80) con adsorbentes biocompatibles, amigables con el medio ambiente y de bajo costo como el compuesto de alginato de sodio y nanopartículas de titanio (Mahmoodi, et al. 2011), o el carbón activado obtenido de residuos agroindustriales (Mahmoodi, et al., 2018).

Figura 1

Países con mayor número de publicaciones científicas relacionadas con cinética en teñido textil en la base de datos Web of Science™



Fuente: Elaboración propia con base al análisis de resultados obtenido con la ecuación de búsqueda [kinetic* AND dye* AND textil* (All Fields)] realizada el 16 de Julio de 2021.

El agua residual de los procesos de teñido tiene características particulares relacionadas con la naturaleza de los colorantes textiles las cuales pueden hacer más o menos difícil su remoción. Por ejemplo, la presencia de aniones y cationes coexistentes que estudia Khajeh en su publicación del año 2020. (Khajeh, Amin, Taheri, Fatehizadeh, & McKay, 2020)

1.2 Cinética de Teñido

Como textos referenciales se encuentran dos trabajos de Telegin sobre el cálculo de la cinética del teñido de textiles con colorantes activos publicados en 1981 (Telegin, Melnikov, & Blinicheva, 1981a, 1981b) y el artículo de Shahid-ul-Islam (2017) que revisa los temas de termodinámica, cinética y terminado funcional de materiales textiles con colorantes





Seguidamente se presentan en detalle los resultados obtenidos por Tang et al., (2018) y Zhang & Tang, (2018) para ilustrar los resultados y conclusiones que pueden derivarse del modelado cinético en procesos de funcionalización textil, al final de esta sección se presentan los resultados relacionados con colorantes naturales.

1.2.1. Funcionalización con Nanopartículas de Plata (Tang Et Al., 2018).

En este artículo científico se presentan los resultados de estudio cinético de la adsorción de nanopartículas de plata (AgNPrs) sobre seda y lana para obtener textiles con propiedades antibacteriales.

Para realizar el seguimiento cinético utilizan la técnica de espectroscopia UV-Visible (UV-Vis) para obtener el espectro de absorción UV-Vis del agua de teñido a diferentes tiempos de inmersión del textil en la solución de nanopartículas. Los autores realizan un proceso de tintura tradicional con el colorante Acid blue 199 (AB199) para comparar sus resultados y evalúan el efecto de la temperatura en el proceso de teñido, en un intervalo de 25°C a 90°C.

Dentro de sus resultados describen la etapa inicial del teñido, que toma cerca de 4 minutos, con un modelo de pseudo primer orden, presentado en la Ecuación 1

$$\frac{dq_t}{dt} = k_1(q_e - q_t)$$

En el cual k_1 es la constante de velocidad (min^{-1}), y q_e y q_t son las cantidades de colorante adsorbido sobre las fibras (mg/g) en equilibrio y en el tiempo t , respectivamente.

La aplicabilidad de este modelo de primer orden en otros sistemas de teñido puede verificarse revisando si existe una relación lineal entre $\ln(q_e - q_t)$ y el tiempo (t)

Adicionalmente, encontraron que todo el proceso de teñido sigue un modelo de pseudo segundo orden con respecto a la temperatura como se presenta en la Ecuación 2.

$$\frac{dq_t}{dt} = k_2(q_e - q_t)^2$$

En el cual k_2 es la constante de velocidad para el modelo de adsorción de segundo orden. Este modelo se ajusta de mejor manera al teñido con Acid blue 199 que con las nanopartículas de plata (AgNPrs), y los valores de q_e calculados con el modelo son más cercanos a los valores experimentales, en comparación con el modelo de pseudo primer orden. Los datos cinéticos obtenidos para el proceso de funcionalización con AgNPrs se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Datos cinéticos del teñido de seda y lana con AgNPrs

Fibra	Temperatura (°C)	q _{e,exp} (mg/g)	Modelo de seudo primer orden			Modelo de seudo segundo orden		
			k ¹ (min ⁻¹)	q _{e.cal} (mg/g)	R ²	k ² (g mg ⁻¹ min ⁻¹)	q _{e.cal} (mg/g)	R ²
Seda	25	1.079	0.383	1.129	0.9835	0.604	1.173	0.9996
	40	1.079	0.453	1.156	0.9957	0.841	1.164	0.9994
	50	1.079	0.570	0.886	0.9607	1.053	1.171	0.9990
Lana	70	1.079	0.217	2.295	0.9968	0.318	1.174	0.9987
	80	1.079	0.245	1.756	0.9946	0.486	1.121	0.9997
	90	1.079	0.402	2.085	0.9919	1.247	1.106	0.9994

Nota. Donde q_{e, exp} corresponde a la cantidad de colorante, medida experimentalmente, que llegaron a adsorber las fibras en el equilibrio y q_{e.cal} el valor calculado con el ajuste lineal que realizan los autores, cuyo valor de R² se presenta en la tabla. Fuente: Tabla traducida de Tang et al., (2018), p.229

Este tipo de modelos de pseudo primer y segundo orden han sido ampliamente utilizados para analizar la adsorción de colorantes de iones metálicos en materiales adsorbentes. Es así como el modelo de pseudo primer orden explica una etapa rápida de transferencia de masa externa desde el seno del colorante a la superficie de la fibra, y el modelo de pseudo segundo orden describe la difusión intrapartícula de la superficie al interior de los poros del textil. Por lo que, debido al tamaño de las nanopartículas, un solo modelo no puede describir todo el fenómeno de coloración.

Para el colorante AB199 todo el proceso de teñido se representa bastante bien con un modelo de pseudo segundo orden. En la Tabla 2 se pueden leer los valores del factor de correlación R² que son mayores y cercanos a uno en el modelo de segundo orden, en comparación con los de primer orden.

Tabla 1. Datos cinéticos del teñido de seda y lana con AB199

Fibra	Temperatura (°C)	q _{e,exp} (mg/g)	Modelo de seudo primer orden			Modelo de seudo segundo orden		
			k ¹ (min ⁻¹)	q _{e.cal} (mg/g)	R ²	k ² (g mg ⁻¹ min ⁻¹)	q _{e.cal} (mg/g)	R ²
Seda	25	1.079	0.383	1.129	0.9835	0.604	1.173	0.9996
	40	1.079	0.453	1.156	0.9957	0.841	1.164	0.9994
	50	1.079	0.570	0.886	0.9607	1.053	1.171	0.9990
Lana	70	1.079	0.217	2.295	0.9968	0.318	1.174	0.9987
	80	1.079	0.245	1.756	0.9946	0.486	1.121	0.9997
	90	1.079	0.402	2.085	0.9919	1.247	1.106	0.9994

Fuente: Tabla traducida de Tang et al., (2018), p.229

Para calcular la energía de activación Tang et al. (2018), utilizaron las constantes cinéticas del modelo de segundo orden (k_2) y calcularon el factor preexponencial y la energía de activación de acuerdo con la ley de Arrhenius descrita en la Ecuación 3.

$$\ln k = \ln A - \frac{E_a}{R \cdot T}$$

En la que la cual A corresponde al factor preexponencial, E_a la energía de activación (kJ/mol), R la constante universal de los gases ($8.314 \text{ kJ mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$) y T la temperatura absoluta. Los valores de E_a para seda-AgNPrs, lana-AgNPrs, seda-AB199 y lana-AB199 fueron 17.74, 70.76, 42.25 y 33.90 kJ/mol, respectivamente, obteniendo la menor energía de activación en el proceso de teñido de seda con AgNPrs lo cual se puede interpretar como una más fuerte habilidad de adsorción en el proceso de teñido de seda con AgNPrs.

La energía de activación (E_a) de AB199 tuvo valores semejantes en las fibras de seda y lana, lo que sugiere que el colorante no posee una afinidad especial por alguna de estas fibras; en cambio, las nanopartículas mostraron valores muy diferentes entre las dos fibras, indicando que la habilidad de adsorción de AgNPrs en lana es mucho menor en comparación con la seda.

De esta publicación podemos resaltar la técnica de seguimiento cinético por espectroscopia UV-Vis, el tipo de modelos obtenidos comúnmente para colorantes con iones metálicos y los parámetros tanto de descripción del modelo, como de correlación con datos experimentales que se pueden utilizar para en un estudio cinético de teñido textil.

1.2.2 Funcionalización con DSK (Zhang & Tang, 2018).

El estudio cinético de Zhang & Tang, (2018) se realizó para analizar la adsorción de difenil sulfonato de potasio (DSK) sobre Nylon 6 el cual otorga propiedades de retardancia a la llama las cuales son difíciles de agregar a textiles fabricados con Nylon 6 y Nylon 6.6.

El DSK se utiliza en policarbonato y Zhang y Tang lo utilizan por primera vez en Nylon con un proceso de inmersión y seguimiento con isotermas de adsorción. Los autores analizan el proceso de adsorción cambiando el pH de la solución de teñido y encuentran un mejor ajuste de los datos experimentales a un modelo cinético de pseudo segundo orden, presentado en la Ecuación 4.

$$\frac{t}{C_t} = \frac{1}{kC_\infty^2} + \frac{1}{C_\infty} t$$

Donde k (g/mg/min) es la constante específica de velocidad; C_∞ (mg/g) y C_t (mg/g) son las cantidades de DSK que se adsorbió en el nylon en el equilibrio y en el tiempo t, respectivamente. Este modelo describe un adsorción química o quimisorción que involucra enlaces covalentes o iónicos entre el adsorbente (Nylon) y el adsorbato (DSK). En esta investigación se obtuvieron valores de k y C_∞ de 0.171 g/ (mg. min) y 5.920 mg/g, respectivamente.

1.2.3 Colorantes Naturales.

Respecto al estudio de la cinética de colorantes naturales fue difícil acceder a las publicaciones que contienen esta información, pero se resalta el trabajo, ya mencionado anteriormente, de Shahid-ul-Islam, (2017).

Aunque no presentan modelos cinéticos se destacan los trabajos de Vankar, et al. (2017) que estudia el teñido con enzimas y extracto de *Rubia Cordifolia* sobre seda a temperatura ambiente, Rather et al., (2016) quienes trabajan con *Terminalia Arjuna*, como un reemplazo natural a los insumos utilizados para otorgar propiedades antimicrobianas y de fluorescencia a los textiles (Rather et al., 2016) y Swamy (2017) que evalúa las capacidades de tinción y antibacteriales del extracto de la hoja de *Casuarina equisetifolia* en fibras de seda.

Las antraquinonas son una familia de colorantes naturales que se ha estudiado hace varios años. Kamat presenta una investigación relacionada con el comportamiento fotoquímico de Antraquinona Uniblue - A (Kamat, Das, Padmaja, & Madison, 1999), y en un trabajo de 2020 Maksimovic, estudia métodos de determinación de micro cantidades de dos hidroxiantraquinonas que han sido utilizadas históricamente como pigmentos naturales: alizarina y purpurina las cuales se obtienen por extracción de las raíces de *Rubia tinctorum* o Rubia Roja (Maksimovic et al., 2020) Estas dos hidroxiantraquinonas además de la capacidad de tinción tienen propiedades antiinflamatorias, antivirales, antimicrobianas y antioxidantes.

En conclusión, existe una oportunidad para integrar el análisis cinético al teñido y funcionalización con colorantes naturales y así poder entender de una mejor forma las interacciones que ocurren entre cada tipo de colorante y fibra natural utilizados en teñido artesanal.

2. Teñido Artesanal

La labor artesanal se define según la UNESCO como una:

Actividad transformadora de recursos naturales y materias primas para la producción creativa de objetos, a través de oficios que aplican la energía física y mental humana, complementada con herramientas simples, donde se combina el saber con la tradición y la cultura material individual o colectiva. (Márquez Ramírez & Serrano Rodríguez, 2017, p 48)

En Colombia hay cerca de 300 000 artesanos de los cuales el Sistema de información Estadístico de la Actividad Artesanal - SIEAA ha logrado caracterizar socio demográficamente 25 000, ubicados en la mayoría de los departamentos del país.

EL SIEAA divide los principales oficios artesanales en varias categorías, dentro de las cuales las cinco con mayor cantidad de maestros artesanos son tejeduría y textiles, trabajos en maderables y no maderables, cestería, trabajo en arcillas y pastas cerámicas, y orfebrería, platería, joyería y metalistería (SIART, 2020).





En el presente artículo se presentan las fibras, colorantes y procesos de teñido utilizados en comunidades artesanales dedicadas al oficio de tejeduría y textiles, que representa el 42,3% del total de artesanos caracterizados por el SIEAA y se mencionan también fibras utilizadas en cestería, oficio que representa el 9.6% (SIART, 2020).

2.1 Fibras de Uso Artesanal

Aunque se puede pensar que el trabajo artesanal se concentra exclusivamente en el uso de materias primas de origen natural, en Colombia se ha encontrado que en el oficio artesanal también se utilizan fibras sintéticas como poliéster, acrílicos, polipropileno y poliamidas, o mezclas en diferentes porcentajes de algodón - poliéster.

En el diagnóstico del sector artesanal en Colombia, realizado entre 2014 y 2016 se encontró que, de los 25 651 artesanos caracterizados, residentes en 22 departamentos del país, el 57.1% del total de los artesanos elabora sus productos con materias primas de origen vegetal, el 44.6% con materias primas sintéticas y el 17.7% del total de los artesanos elabora sus productos artesanales con materias de origen animal (Márquez Ramírez & Serrano Rodríguez, 2017).

El uso de materiales sintéticos también depende de la ubicación de los núcleos artesanales. Es así como el 98.4% de los artesanos residentes en Amazonas elabora sus productos artesanales con materias primas de origen vegetal, mientras que el 85.7% de los artesanos residentes en La Guajira elabora sus productos artesanales con materias primas sintéticas (Márquez Ramírez & Serrano Rodríguez, 2017).

Respecto a las fibras de origen vegetal, Linares y otros publicaron en el año 2008 un libro que habla de las fibras vegetales utilizadas en artesanías colombianas y para ello distinguían entre fibras textiles, fibras para elaborar cepillos y escobas, fibras para tejidos trenzados, fibras para relleno, tejidos naturales y fibras para elaborar papel (Linares, et al., 2008).

Las fibras textiles vegetales son fibras largas, resistentes, cohesivas, finas, uniformes, lustrosas y duraderas, que se emplean para elaborar tejidos, cuerdas y redes y se pueden subdividir en tres grupos de acuerdo con su origen en la planta: fibras superficiales que se desarrollan sobre la superficie de las semillas como el algodón (*Gossypium hirsutum*); fibras blandas, lignificadas o no, suaves y flexibles que se extraen del floema de las dicotiledóneas, como el yute (*Corchorus capsularis* y *C. olitorius*); y fibras duras, muy lignificadas, duras y rígidas extraídas de las hojas de las monocotiledóneas, de las cuales, la principal en la producción de artesanías es el fique (*Furcraea cabuya*, *F. macrophylla*) (Linares et al., 2008).

Dentro de los oficios practicados con fibras blandas y duras se encuentran la tejeduría, cestería, sombrerería, costura, e hilandería entre otros, y según los datos recopilados por el Sistema de Información Estadístico de la Actividad Artesanal-SIEAA de Colombia los departamentos en donde reside la mayor cantidad de artesanos dedicados a estos oficios son La Guajira (96.8%), Nariño (79%), Cauca (78%), Santander (68.4%), Boyacá (64.3%), Córdoba (63.4%) y Bolívar (59%) (Márquez Ramírez & Rodríguez Serrano, 2017). En la Tabla 3 se hace un resumen de las fibras utilizadas en estos departamentos.

Tabla 3. Fibras utilizadas como materias primas por los artesanos de La Guajira, Nariño, Cauca, Santander, Boyacá, Córdoba y Bolívar

Fibra	Departamento						
	Guajira	Nariño	Cauca	Santander	Boyacá	Córdoba	Bolívar
Fique	X	X	X	X	X		
Algodón	X						X
Pindo			X				
Iraca		X	X	X	X	X	
Chin		X	X		X		
Mimbre				X			X
Esparto					X		
Paja blanca					X		
Caña						X	
Plátano					X	X	
Palma sará							X
Enea						X	
Otros		X			X		

Fuente: Elaboración propia con base en la información presentada en Linares et al., (2008).

Linares (2008) identifica el uso del fique para elaborar mochilas, cuerdas y empaques, y del algodón para elaborar hamacas, mochilas y fajones utilizando diferentes técnicas de tejido como la técnica del peyón que con la “ayuda de una aguja que está unida a un hilo se van rellenando dibujos elaborados previamente” en el textil” (Woikaa Artesanías., 2019).

En Itaibe, Cauca se usa la fibra de pindo (*Gynerium sagittatum*) para elaborar sombrerería y en los núcleos artesanales de Boyacá Cauca, Nariño y Santander se utilizan ampliamente el fique y la iraca para cestería sombrerería y cordelería. También en cestería se utiliza en Cauca, Nariño y Boyacá el chin o caña de castilla, dentro de Santander (Barichara) se usa el mimbre para fabricación de muebles (Linares et al., 2008).

En Boyacá se utiliza el esparto para cestería en Cerinza, Duitama, Belén, Ráquira y San Miguel de Sema; artesanos de Jenesano y Somondoco utilizan la fibra de plátano para elaborar tejidos y cestería y las comunidades de Guacamayas y Tibaná trabajan la paja blanca para elaborar cestería (Linares et al., 2008).

Córdoba es otro de los departamentos con varios nodos artesanales destacándose el oficio de la cestería. Allí los Zenúes utilizan caña flecha para elaborar sombreros, y se hace uso de la iraca en el Valle del Sinú, el plátano en Montería, Cereté, Lorica y Momil; y la enea en Cereté, Lorica y Montería (Linares et al., 2008).Respecto al departamento de Bolívar en San Jacinto se utiliza el algodón, los artesanos de Magangué utilizan la palma sará para cestería, tejidos y sombreros y en Mompós se realizan mecedoras con mimbre (Linares et al., 2008).





2.2 Colorantes y Proceso de Teñido Artesanal

En Colombia, los artesanos hacen uso de colorantes sintéticos y naturales. Debido a los efectos nocivos que generan los colorantes sintéticos en el recurso hídrico, tanto a nivel artesanal como en la industria textil, se ha venido incentivando el uso de colorantes naturales en los procesos de teñido.

El uso de colorantes de origen natural depende de la zona geográfica en la que se ubique el núcleo artesanal y el conocimiento ancestral que tenga la comunidad respecto a la obtención del colorante y a los procesos de teñido.

A continuación, se describen prácticas de teñido artesanal con colorantes naturales identificadas en comunidades que utilizan como materias primas fibras de fique y algodón por considerarse las fibras de mayor interés en el oficio de tejeduría y textiles.

En todos los casos se llevan a cabo tres etapas para tinturar las fibras: tratamiento de la fibra antes del teñido, operación de teñido y postratamiento.

2.2.1 Teñido de Fique (Morales, 2007).

Una de las comunidades artesanales que utiliza el fique para la elaboración de mochilas son los Kankuamos, ubicados en la vertiente sur oriental de la Sierra Nevada de Santa Marta, aprovechan el maguey que crece de manera silvestre y realizan el proceso de obtención de la fibra de fique la cual después preparan y tiñen con diferentes plantas nativas de la región de acuerdo con las costumbres y conocimientos de cada artesana.

Los nombres populares de las plantas utilizadas para obtener colorantes naturales son: morado de hoja, nola, cuinguiza, morito, batatilla, peraleja, caracolí, quebracho, curara, rampacho, sangregao, moncuine, acabapotrero, corazónfino, chivobo, jaguito, bijao, ojo de buey, palo Brasil, cayena, entre otros.

Con las tinturas las artesanas plasman sobre la fibra de fique o maguey, antes o después de hilar, símbolos con los que comunican “su sentir, pensar e interpretación de la vida, las relaciones socioculturales y el universo” (Morales, 2007 p.5).

La extracción del colorante demanda varios días e incluye tres etapas: desmenuzar, fermentar y cocinar. Con el proceso se pueden lograr tres tonalidades: clara, media u oscura, y para modificar la capacidad de cada materia tintórea se trabaja con diferentes valores de las siguientes variables:

- Relación masa de materia tintórea: masa de fibra de fique. Emplean de 1 a 4 libras de materias tintóreas por libra de fibra de maguey.
- Tiempo de fermentación: varía de 1 a 15 días, y
- Tiempo de cocción luego de la fermentación: 1 a 2 horas.

1. La materia tintórea depende del material vegetal utilizado para obtener el colorante natural y puede tratarse de semillas, frutos, flores, hojas, ramas, cortezas, maderas o raíces (Morales, 2007).

Además de los colorantes naturales, también se pueden obtener mordientes de origen natural, que sirven para oscurecer los colores, aclararlos o acentuarlos en la fibra. La comunidad de los Kankuamos utiliza aguacate, plátano, marañón, guayabo, mamón, orina, barro, cenizas y limón para su obtención. Algunos mordientes sintéticos que también utilizan son alumbre, vinagre, óxido de hierro y sulfato de hierro.

En el proceso de teñido se realizan procesos de preparación de la fibra que incluyen limpieza o remojo en soluciones jabonosas, durante 12 a 24 horas, y humectación profunda o descrude de nuevo en agua jabonosa caliente, llevando a ebullición durante 30 minutos, para finalizar el proceso de preparación con un enjuague en abundante agua.

El teñido se realiza por inmersión en agua hirviendo con sal, vinagre y otros mordientes durante una hora. Luego de esto se enjuaga hasta no tener liberación de color por parte de la fibra y se realiza un tratamiento posterior de fijado y suavizado en agua fría a 40°C agregando vinagre, fijadores sintéticos y suavizantes.

2.2.2 Algodón (Garavito Carvajal, 2004).

En las inmediaciones de los Montes de María, se encuentran localizadas los núcleos artesanales en telar vertical más importantes de la Región Caribe Colombiana: San Jacinto y Morroa. La población artesanal en este oficio también se ubica en los municipios de Sampués (corregimiento de Santa Inés de Palitos), Corozal (localidad de Don Alonso) y Sincelejo (corregimiento de Chochó).

A partir de los tejidos en algodón se elaboran hamacas, manteles, individuales, caminos y centros de mesa, portavasos, cojines, ruanas, cubrelechos, tapetes, cortinas, fajas, cenefas y bolsos, entre otros accesorios, siendo la hamaca el principal producto artesanal de las comunidades ubicadas en los departamentos de Bolívar y Sucre.

La historia de la hamaca en los departamentos de Bolívar y Sucre se encuentra estrechamente relacionada con las manifestaciones sociales, culturales y económicas de las comunidades precolombinas. El trabajo con el algodón, las técnicas de teñido, la combinación de colores, las iconografías expresadas en diferentes dibujos son legados que conservan las comunidades artesanales de la región.

En estos núcleos artesanales anteriormente se utilizaba algodón extraído y procesado de manera local, pero en la actualidad los artesanos adquieren hilaza comercial 100% algodón o mezclas algodón/poliéster, o algodón/acrílico Títulos 20/2 Ne y Título 8/2 Ne, razón por la cual no aplican los procesos de extracción y procesamiento del recurso natural. Esta hilaza se tiñe antes del tejido utilizando la técnica “de lampazo”, dividiendo la madeja por secciones para lograr tinturarla por partes y así tener dos o más colores en cada madeja





El proceso inicia con el lavado de las madejas en agua jabonosa y a temperatura de ebullición durante 30 a 40 minutos, luego se enjuagan en agua y se tiñen por inmersión. Las madejas, amarradas en las zonas donde no desean coloración², se mantienen en el baño de teñido a temperatura de ebullición durante 40 minutos, luego se dejan enfriar y se lava con abundante agua hasta que no se tenga coloración en el agua residual, finalmente las madejas se dejan secar a la sombra y se continúa con el proceso artesanal con encolado opcional, embolado, tejido y terminado del producto.

Las artesanas hacen uso de colorantes sintéticos y naturales, de acuerdo con su conocimiento o tradición, aunque la comunidad sigue prefiriendo el uso de productos naturales debido a los buenos resultados de fijación y solidez del color en los productos finales.

Como materia prima para los colorantes naturales utilizan el mangle, sangregao, mora (o dinde), achiote, concha de coco, y otros pigmentos naturales. Extraen los colorantes con varios días de anticipación mediante procesos de maceración y fermentación que pueden durar dos o tres días y luego cocción a temperatura de ebullición.

CONCLUSIONES

De acuerdo con la vigilancia científica realizada se concluye que el proyecto SGPS 6645-2019 puede seguir desarrollándose con el seguimiento cinético del teñido con colorantes naturales utilizando las capacidades del laboratorio del CMTC-SENA, con técnica de espectroscopia UV-Vis sobre el baño de teñido a diferentes tiempos y variando temperatura o pH del baño de teñido.

Con los modelos cinéticos se podrán obtener datos referentes a la capacidad máxima de adsorción del colorante en la fibra (concentración en el equilibrio), efecto de variables de procesos como pH del baño de teñido y temperatura y tiempos de contacto, los cuales permitirían elaborar las correspondientes curvas de teñido.

Respecto a las fibras y colorantes que resultan más adecuadas para estudiar el teñido artesanal, se seleccionan el algodón y el fique debido a su importancia y uso en procesos artesanales de tejeduría.

Siguiendo el ejemplo de las comunidades artesanales los materiales tintóreos deben seleccionarse de acuerdo con la disponibilidad geográfica, de modo que para el proyecto SGPS 6645-2019 se buscarán colorantes disponibles en la zona Bogotá - Cundinamarca que hayan sido probados por los artesanos en las fibras seleccionadas, como la mora y el sangregao los cuales se mencionan en las dos comunidades estudiadas.

Ya que los artesanos utilizan técnicas sencillas en términos tecnológicos para la obtención de colorantes naturales es posible replicar los procesos en ambientes controlados de laboratorio llevando a cabo las actividades de maceración, fermentación y cocción.

2. De acuerdo con Garavito Carvajal, (2004) en Morroa las artesanas amarran o demarcan la madeja de hilo cada 13 cm, mientras que en San Jacinto estos límites se demarcan en la urdimbre o de acuerdo con el diseño final deseado.

Ya que los artesanos utilizan técnicas sencillas en términos tecnológicos para la obtención de colorantes naturales es posible replicar los procesos en ambientes controlados de laboratorio llevando a cabo las actividades de maceración, fermentación y cocción.

En la búsqueda del desarrollo sostenible resulta imprescindible reconocer y valorar el trabajo y conocimiento ancestral de las comunidades artesanales, las cuales, a pesar del cambio en las condiciones culturales y socio económicas, mantienen prácticas sostenibles como el uso de recursos renovables para la obtención de fibras textiles, colorantes y mordientes naturales.

BIBLIOGRAFÍA

Chatha, S. A., Shahid, Asgher, M., & Iqbal, H. M. (2017). Enzyme-based solutions for textile processing and dye contaminant biodegradation--a review. *Environmental Science and Pollution Research International*, 24(16), 14005-14018. doi:<http://dx.doi.org/10.1007/s11356-017-8998-1>

Chatha, S. A. S., Asgher, M., Asgher, R., Hussain, A. I., Iqbal, Y., Hussain, S. M., . . . Iqbal, H. M. N. (2019). Environmentally responsive and anti-bugs textile finishes - Recent trends, challenges, and future perspectives. *Science of the Total Environment*, 690, 667-682. doi:10.1016/j.scitotenv.2019.06.520

Chen, K.-C., Wu, J.-Y., Huang, C.-C., Liang, Y.-M., & Hwang, S.-C. J. (2003). Decolorization of azo dye using PVA-immobilized microorganisms. *Journal of Biotechnology*, 101(3), 241-252. [https://doi.org/10.1016/S0168-1656\(02\)00362-0](https://doi.org/10.1016/S0168-1656(02)00362-0)
da Silva, C. J. G., de Medeiros, A. D. M., de Amorim, J. D. P., do Nascimento, H. A.,

Converti, A., Costa, A. F. S., & Sarubbo, L. A. (2021). Bacterial cellulose biotextiles for the future of sustainable fashion: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 19(4), 2967-2980. doi:10.1007/s10311-021-01214-x

Díaz, E., Moya, C., & Venegas, V. (2019). Diagnóstico preliminar de los métodos de impregnación de color en las fibras naturales y su efecto en la solidez del color en los tejidos artesanales. *Inmodalab*.

EPA. (1997). United States Environmental Protection Agency. Profile of the textile Industry.

Garavito Carvajal, C. P. (2004). Diagnóstico de Calidad, Caracterización de Productos y Caracterización del Oficio Cadena Productiva de Tejidos y Hamacas en San Jacinto y Morroa, Departamentos de Bolívar y Sucre. Artesanías de Colombia S.A. Bogotá: Ministerio de Comercio, Industria y Turismo.

Haddar, W., Baaka, N., Meksi, N., Elksibi, I., & Mhenni, M. F. (2014). Optimization of an ecofriendly dyeing process using the wastewater of the olive oil industry as natural dyes for acrylic fibres. *Journal of Cleaner Production*, 66, 546.



Hernandez-Ramirez, A. G., Martinez-Tavera, E., Rodriguez-Espinosa, P. F., Mendoza-Perez, J. A., Tabla-Hernandez, J., Escobedo-Urias, D. C., . . . Sujitha, S. B. (2019). Detection, provenance and associated environmental risks of water quality pollutants during anomaly events in River Atoyac, Central Mexico: A real-time monitoring approach. *Science of the Total Environment*, 669, 1019-1032. doi:10.1016/j.scitotenv.2019.03.138

Hou, X. L., Fang, F. F., Guo, X. L., Wizi, J., Ma, B. M., Tao, Y. Y., & Yang, Y. Q. (2017). Potential of Sorghum Husk Extracts as a Natural Functional Dye for Wool Fabrics. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 5(6), 4589-4597. doi:10.1021/acssuschemeng.6b02969

Kamat, P. V., Das, S., Padmaja, S., & Madison, S. A. (1999). Photochemical behavior of anthraquinone based textile dye (Uniblue-A) bound to cellulose powder and cotton fabric. *Research on Chemical Intermediates*, 25(9), 915-924. doi:10.1163/156856799x00158

Khajeh, M., Amin, M. M., Taheri, E., Fatehizadeh, A., & McKay, G. (2020). Influence of co-existing cations and anions on removal of direct red 89 dye from synthetic wastewater by hydrodynamic cavitation process: An empirical modeling. *Ultrasonics Sonochemistry*, 67. doi:10.1016/j.ultsonch.2020.105133

Kim, D., & Ku, S. (2018). Beneficial Effects of *Monascus* sp KCCM 10093 Pigments and Derivatives: A Mini Review. *Molecules*, 23(1). doi:10.3390/molecules23010098
Kumar, M. A., Zamana, P. A., Kumar, V. V., Baskaralingam, P., Thiruvengadaravi, K. V., Amudha, T., & Sivanesan, S. (2017). *Achromobacter xylosoxidans* strain APZ for phthalocyanine dye degradation: Chemo-metric optimization and canonical correlation analyses. *Journal of Water Process Engineering*, 18, 73-82. doi:10.1016/j.jwpe.2017.06.005

Lesur, L. (2006). *Manual de teñido y estampado artesanal de telas : una guía paso a paso*. México: México : Trillas.

Linares, E., Galeano, G., García, N., & Figueroa Cardozo, Y. (2008). *Fibras vegetales usadas en artesanías en Colombia*.

Mahmoodi, N. M., Hayati, B., Arami, M., & Bahrami, H. (2011). Preparation, characterization and dye adsorption properties of biocompatible composite (alginate/titania nanoparticle). *Desalination*, 275(1-3), 93-101. doi:10.1016/j.desal.2011.02.034

Mahmoodi, N. M., Taghizadeh, M., & Taghizadeh, A. (2018). Mesoporous activated carbons of low-cost agricultural bio-wastes with high adsorption capacity: Preparation and artificial neural network modeling of dye removal from single and multicomponent (binary and ternary) systems. *Journal of Molecular Liquids*, 269, 217-228. doi:10.1016/j.molliq.2018.07.108



- Maksimovic, J., Cupic, Z., Manojlovic, N., Deric, A., Anic, S., & Kolar-Anic, L. Bray-Liebhafsky oscillatory reaction as the matrix system for the kinetic determination of microquantities of alizarin and purpurin. *Reaction Kinetics Mechanisms and Catalysis*, 14. doi:10.1007/s11144-020-01798-5
- Márquez Ramírez, L. X., & Serrano Rodríguez, D. (2017). Diagnóstico del sector artesanal en Colombia. Artesanías de Colombia S.A.
- Martin, P. (2016). Shibori : el arte japonés para teñir tus prendas de vestir y ropa de casa de forma artesanal y con diseño actual. Barcelona: Barcelona : Gustavo Gili.
- Meruvu, H., & dos Santos, J. C. Colors of life: a review on fungal pigments. *Critical Reviews in Biotechnology*. doi:10.1080/07388551.2021.1901647
- Mohd-Nasir, H., Abd-Talib, N., Mohd-Setapar, S. H., Wong, L. P., Idham, Z., Casillas, A. C., & Ahmad, A. (2018). NATURAL COLORANTS FROM PLANTS FOR WELLNESS INDUSTRY. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 9(3), 836-843. doi:10.13040/ijpsr.0975-8232.9(3).836-43
- Montoya G, G. E. (1995). Teñido artesanal. Trabajo de grado (Técnico en Confección Industrial).--Servicio Nacional de Aprendizaje, SENA. Centro de la Confección, Itagüí.
- Morales Perilla Alicia.2007. Manual para tinturar fique o maguey con colorantes naturales. Artesanías de Colombia S. A. 17. pp 16.
- Pimenta, L. P. S., Gomes, D. C., Cardoso, P. G., & Takahashi, J. A. (2021). Recent Findings in Azaphilone Pigments. *Journal of Fungi*, 7(7). doi:10.3390/jof7070541
- Rather, L. J., Shahid ul, I., Azam, M., Shabbir, M., Bukhari, M. N., Shahid, M., . . . Mohammad, F. (2016). Antimicrobial and fluorescence finishing of woolen yarn with Terminalia arjuna natural dye as an ecofriendly substitute to synthetic antibacterial agents. *RSC Advances*, 6(45), 39080-39094. doi:10.1039/c6ra02717b
- Sanjuán Moya, A. I. (2013). Uso de tintes naturales propios de la biodiversidad colombiana como factor de valor agregado para la comercialización internacional de la moda nacional en Canadá. (MBA). Universidad EAFIT, Medellín.
- Shahid ul, I., & Sun, G. (2017). Thermodynamics, Kinetics, and Multifunctional Finishing of Textile Materials with Colorants Extracted from Natural Renewable Sources. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 5(9), 7451-7466. doi:10.1021/acssuschemeng.7b01486
- SIART, A. (2020). Sistema de Información Estadístico de la Actividad Artesanal. Retrieved 30 October 2020, from https://artesaniasdecolombia.com.co/PortalAC/-C_sector/sistema-de-informacion-estadistico-de-la-actividad-artesanal_9429



Swamy, V. N. (2017). Assessment of calorimetric, antibacterial and fastness properties of silk fabric dyed with *Casuarina equisetifolia* L. leaf extract. *Indian Journal of Traditional Knowledge*, 16(4), 714-719.

Tang, B., Yao, Y., Chen, W., Chen, X., Zou, F., & Wang, X. (2018). Kinetics of dyeing natural protein fibers with silver nanoparticles. *Dyes and Pigments*, 148, 224-235. doi:10.1016/j.dyepig.2017.09.015

Telegin, F. Y., Melnikov, B. N., & Blinicheva, I. B. (1981a). Approximate calculation of dyeing kinetics of textile materials by active dyes in a vat of small modulus. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii Khimiya I Khimicheskaya Tekhnologiya*, 24(4), 475-478.

Telegin, F. Y., Melnikov, B. N., & Blinicheva, I. B. (1981b). Approximate calculation of dyeing kinetics of textile materials in a bath of small modulus. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii Khimiya I Khimicheskaya Tekhnologiya*, 24(3), 344-347.

Vankar, P. S., Shukla, D., Wijayapala, S., & Samanta, A. K. (2017). Innovative silk dyeing using enzyme and *Rubia cordifolia* extract at room temperature. *Pigment & Resin Technology*, 46(4), 296-302. doi:10.1108/prt-06-2016-0065

Vera-Baceta, M.-A., Thelwall, M., & Kousha, K. (2019). Web of Science and Scopus language coverage. *Scientometrics*, 121(3), 1803-1813. <https://doi.org/10.1007/s11192-019-03264-z>

Zhang, W., & Tang, R. C. (2018). Adsorption and flame retardant properties of potassium diphenyl sulfonate on nylon 6 fabric. *Reactive & Functional Polymers*, 126, 36-43. doi:10.1016/j.reactfunctpolym.2018.03.005

