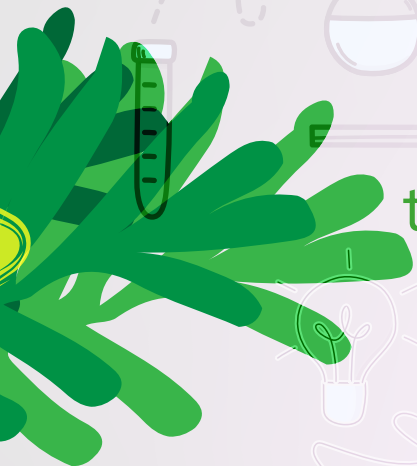


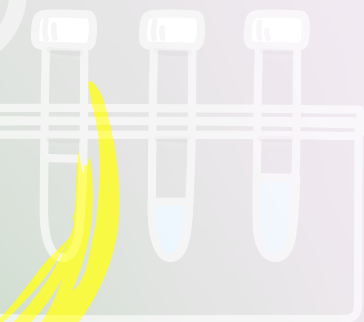




Búsqueda y evaluación técnica de fuentes naturales para la obtención **de colorantes textiles**

*Search and Technical Evaluation of
Natural Sources to Obtain Textile Dyes*

Angela María García Mora*



* Investigadora experta, Servicio Nacional de Aprendizaje SENA,
angela.garcia@sena.edu.co <https://orcid.org/0000-0001-7009-3896>

**“...LAS CARACTERÍSTICAS PARA
EVALUAR LA VIABILIDAD Y
SOSTENIBILIDAD DE LAS
FUENTES DE COLORANTES
NATURALES SE DESTACA
LA POSICIÓN ECOLÓGICA,
DISPONIBILIDAD Y
TIPO DE FUENTE...”**



Resumen

ABSTRACT

En el teñido textil se busca proporcionar color a las telas de manera uniforme utilizando colorantes o pigmentos. Actualmente, la mayoría de estos insumos son de origen sintético derivados de la industria petroquímica, altamente permanentes en fuentes hídricas y con implicaciones negativas sobre la salud humana y el ambiente.

Existen también los colorantes de origen natural que fueron utilizados por las primeras civilizaciones y actualmente se utilizan sobre todo en productos artesanales pero cuyo uso en acabados textiles ha ido aumentando, ya que pueden ser una opción para contrarrestar los efectos adversos ambientales relacionados con la obtención y el uso de colorantes sintéticos textiles. Las principales fuentes de estos colorantes provienen de las labores de agricultura, silvicultura e industrias de bebidas y alimentos.

En este artículo se presentan los resultados de la búsqueda y análisis de posibles fuentes naturales disponibles para la obtención de colorantes textiles en la región Bogotá Cundinamarca, así como el resultado de las pruebas de solidez de color realizadas en textiles de algodón y poliamida teñidas con residuos agroindustriales de plátano y cáscaras de cebolla amarilla y morada. Las pruebas de solidez mostraron resultados alentadores respecto a la transferencia de color, sin embargo, se observan oportunidades de mejora para contrarrestar el cambio de color después del lavado.

Palabras Claves:

Bogotá, colorantes naturales, insumos ambientalmente amigables, moda sostenible, teñido, solidez de color

Textile dyeing seeks to provide color to fabrics in a uniform manner using dyes or pigments. Currently most of dyes are synthetic derived from petrochemical industry, highly permanent in water sources and with negative implications for human health, and environment.

There are also natural dyes that were used by first civilizations and are currently used mainly in handicrafts, but whose use in textile finishes has been increasing since they can be an option to counteract the adverse environmental effects related to obtaining and using synthetic textile dyes. The main sources of these dyes come from agriculture, forestry, and the food and beverage industries.

This paper presents results of the search and analysis of possible natural sources available for obtaining textile dyes in the Bogotá Cundinamarca, as well as the result of the color fastness tests carried out on cotton and polyamide textiles dyed with the subproducts from agro-industrial banana residues and yellow and purple onion peels. Fastness tests showed encouraging results regarding color transfer, however, there are opportunities for improvement to counteract color shift after washing.

Keywords:

Bogotá, natural dyes, environmentally friendly supplies, sustainable fashion, dyeing, color fastness

Introducción

Dentro de los procesos de tintorería textil se utilizan sustancias químicas con diferentes objetivos, como las utilizadas en las operaciones de teñido, impresión o blanqueamiento de telas, hilos y fibras. En la primera, se busca proporcionar color a las telas de manera uniforme utilizando colorantes o pigmentos (Slama et al., 2021).

Los colorantes difieren de los pigmentos principalmente en su solubilidad, los primeros son solubles en el medio utilizado, como por ejemplo los colorantes solubles en agua, que pueden ser absorbidos por los textiles por acción mecánica o mediante enlaces químicos; mientras que los pigmentos no son solubles por lo cual se mantienen en suspensión en el medio y se adhieren a los sustratos a través de ligantes (Zaruma et al. (2018).

La mayoría de los colorantes utilizados en la industria textil son de origen sintético derivados de la industria petroquímica. Globalmente se producen cerca de ochocientas mil toneladas (800.000 TM) de este tipo de colorantes al año y la industria textil demanda el 75% de este mercado. Estos insumos ofrecen un amplio rango de colores y excelentes propiedades de solidez; sin embargo, son también causantes de negativos impactos ambientales debido a que exigen grandes volúmenes de agua en los procesos de teñido y después se mantienen permanentes en los efluentes que luego contaminan aguas superficiales causando efectos dañinos sobre el medio ambiente y la salud humana. Medellín-Castillo et al. (2017) y (Slama et al., 2021).

También existen los colorantes de origen natural que fueron utilizados por las primeras civilizaciones y actualmente se usan sobre todo en productos artesanales (Slama et al., 2021), pero que cada vez más aparecen como una opción para contrarrestar los efectos ambientales devastadores relacionados con la obtención y el uso de colorantes sintéticos textiles.

En la revisión que realizaron Shahid y otros en 2013 encontraron que las principales fuentes de los colorantes naturales pueden dividirse en tres categorías: productos primarios de la agricultura, residuos y subproductos de la agricultura y la silvicultura, y residuos de las industrias de bebidas y alimentos (Shahid et al. 2013).

En este artículo tanto la sección de metodología como la de discusión y resultados se dividen en varios numerales. Los numerales 1 y 2 presentan

los resultados de la búsqueda y análisis de posibles fuentes naturales disponibles para la obtención de colorantes textiles en la región Bogotá Cundinamarca, mientras que los numerales 3 y 4 muestran la información concerniente a su producción a partir de residuos agroindustriales junto con las pruebas de desempeño técnico.

Esta información se publica con el propósito de enseñar nuevas alternativas a la industria que sirvan para disminuir el impacto ambiental negativo asociado al proceso de teñido.

Metodología

1. Revisión de potenciales fuentes de colorantes textiles de origen natural en la región de Cundinamarca

La vigilancia científico-tecnológica realizada, a través de fichas de revisión documental- arrojó 66 publicaciones. Para la consulta bibliográfica se revisaron las bases de datos de publicaciones científicas, como Scopus y Web of Science™ así como la base de datos de CENDAR que documenta las prácticas artesanales recogidas por la organización Artesanías de Colombia.

Al mismo tiempo se realizaron visitas técnicas a cultivos ubicados en el Valle de Guavivari para identificar fuentes potenciales para la obtención de colorantes textiles naturales y sostenibles.

2. Evaluación de sustentabilidad

Para seleccionar las fuentes se tuvieron en cuenta once criterios de evaluación cada uno con tres posibles puntajes de 0, 1 y 2, de modo que las condiciones que aseguren mayor sostenibilidad corresponden a los mayores puntajes. En la Tabla 1 se presentan los criterios y la condición correspondiente a cada puntaje.

La calificación de cada fuente se realizó a partir de la información bibliográfica obtenida de la vigilancia científica, así como a través de visitas técnicas a empresas de tintorería textil como a centros agroindustriales del departamento de Cundinamarca

3. Producción de colorantes textiles a partir de hoja, tallo y flor de la planta de plátano y cáscaras de cebolla morada y amarilla.

Obtención de Colorantes a partir de Hoja de Plátano. Cada hoja, se limpió manualmente con paños absorbentes humedecidos con una solución de agua potable e hipoclorito de sodio,

Tabla 1
Criterios utilizados para seleccionar potenciales fuentes de obtención de colorantes naturales

CRITERIOS	VALOR PUNTAJE		
	2	1	0
ORIGEN	Residuo	Posible residuo	Otros
UBICACIÓN	Residuo identificado en Bogotá	Cultivos identificados en Cundinamarca	Potencial ubicación en Bogotá o Cundinamarca
EXPERIENCIAS PREVIAS	Uso como colorante textil por maestros artesanos o en publicaciones científicas	Uso como colorante en aplicaciones no textiles	No hay información de uso como colorante o pigmento
INFORMACIÓN DE COSTO MATERIA PRIMA	Gratis	Disponible	Información no disponible
DISPONIBILIDAD	Todo el año	Temporadas	Información no disponible
AFINIDAD CON FIBRAS NATURALES	Probada exitosamente	Desconocida	Incompatibilidad probada
AFINIDAD CON FIBRAS SINTÉTICAS	Probada exitosamente	Desconocida	Incompatibilidad probada
USO CON MORDIENTES NATURALES	Probada exitosamente	Usado con mordientes sintéticos	Desconocida
SEGURIDAD CONTACTO CON LA PIEL	Probada exitosamente	Desconocida	Incompatibilidad probada
SOLIDEZ COLOR A LUZ Y LAVADO	Bibliografía reporta de resultados aceptables	Bibliografía reporta problemas de solidez	Desconocido, no se encontró bibliografía
ACCESO DURANTE EL PROYECTO	Contacto realizado exitosamente con proveedores	No se logró contacto con proveedores	Contacto no exitoso con proveedores o no se identificaron proveedores

luego se separaron manualmente las nervaduras de cada hoja como se ilustra en la figura 1. En el trabajo de Jiménez, (2006) pueden identificarse con claridad las diferentes partes de la planta de plátano, incluyendo las nervaduras. Después de la limpieza y separación se cortaron con tijeras las hojas sin nervadura en rectángulos de 3 x10 cm., se pesaron las hojas cortadas y se agregó agua desionizada en una relación 5ml. de agua por cada gramo de hoja sin nervadura.

La mezcla de agua y hojas se calienta hasta ebullición y se mantienen a esta temperatura durante 1,5 horas, luego se deja enfriar hasta temperatura ambiente y se filtra la mezcla. El líquido resultante se utilizará como colorante textil.

El mismo procedimiento de ebullición en agua se llevó a cabo para obtener colorantes a partir del tallo y la flor de plantas de plátano. En todos los casos, se adicionaron 0,3 gramos de ácido cítrico por cada litro de solución para evitar su degradación, además las muestras se conservaron en refrigerador a 6°C.

Obtención de colorantes a partir de cáscaras de Cebolla Morada y Amarilla

Se inicia con la selección manual de las cáscaras desechando las que presentan hongos o muestras de degradación, luego se

lavan por inmersión en agua potable y se filtran; posteriormente se secaron en horno a 70°C durante 2,5 horas aproximadamente. El material seco se sumerge en solución de NaOH al 5% en una relación de 200 ml. de solución de NaOH por cada 20 gramos de cáscara seca.

La mezcla de cáscaras y solución de NaOH se calienta hasta llegar a 80°C y se mantiene a esta temperatura durante 25 min., asegurando que el recipiente que contiene la mezcla se mantenga sellado.

Se deja enfriar la mezcla y se filtra por gravedad utilizando una gasa para retener el residuo sólido.

Figura 1
Fotografía de preparación de hoja de plátano para obtención de colorante, identificación de la nervadura de la hoja



4. Teñido

Se realizó tinturado por inmersión en retazos cuadrados de 17 cm de lado de textiles de 100% algodón ($234 \pm 4,62 \text{ g/m}^2$) y 100% poliamida (espesor 0,20 mm) suministrados la fábrica de telas PROTELA, empresa aliada en el desarrollo del proyecto. Se trabajó con dos soluciones mordientes cuya composición se describe en la Tabla 2.

Las soluciones mordientes se preparan de acuerdo con los porcentajes presentados en la Tabla 2 disolviendo en agua. El volumen de agua utilizado para realizar la solución de mordientes es de 50 ml. de agua por cada 2 g. de tela a teñir.

Para el mordentado se sumergió cada muestra textil en la solución de mordiente con agitación constante y a temperatura de ebullición. Luego se espera que la temperatura llegue a 60°C y se agrega el extracto de colorante, se mantiene la agitación manual y la temperatura durante 30 minutos. El tiempo de mordentado y las relaciones de colorante utilizadas se muestran en la Tabla 3.

Tabla 2

Composición de soluciones mordientes utilizadas

SOLUCIÓN MORDIENTE NO.	SUSTANCIAS MORDIENTES	SUSTANCIAS MORDIENTES
M1	Sulfato de cobre	15%
	Cloruro de sodio	1%
	Jugo de limón	15%
M2	Piedra alumbre ($\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$)	15%
	Cloruro de sodio	1%

Tabla 3

Tiempo, mordientes y relaciones de teñido

FUENTE DE COLORANTE UTILIZADA	SOLUCIÓN DE MORDIENTE NO.	TIEMPO MORDENTADO (MIN.)	RELACIÓN DE TEÑIDO
Cáscara de cebolla morada (CCM) y cáscara de cebolla amarilla (CCA)	M1 y M2	30	50 gramos de cáscara por 100 gramos de textil
Hojas, tallos y flor de plátano	M1 y M2	45	50 gramos de cáscara por 100 gramos de textil

Tabla 4

Pruebas de caracterización de textil previas al teñido

TEXTIL	ENSAYOS REALIZADOS	
	NOMBRE DEL ENSAYO	NORMA O ESTÁNDAR UTILIZADO EN EL ENSAYO
TELA ALGODÓN 100% PROTELA	-Determinación del ancho de las telas	NTC 228 (2016-05-18) Opción B
	-Determinación de la masa por unidad de área (peso) de tela	NTC 230 (2010-07-28) Opción C
	-Análisis cualitativo de fibras. Parte 3: basada en la norma ASTM D629	NTC 481-3 (2012-12-12) Método 5
TELA POLIAMIDA 100% PROTELA	-Determinación del ancho de las telas	NTC 228 (2016-05-18) Opción B
	-Método de prueba estándar para el espesor de materiales textiles	ASTM D 1777-96 (2019) NTC 1213 (2016-11-16)
	-Análisis cualitativo de las fibras	

5. Pruebas de caracterización y desempeño

Las pruebas técnicas de desempeño y caracterización se realizaron bajo estándares normativos en el laboratorio de servicios tecnológicos del Centro de manufactura en Textil y Cuero SENA Regional Distrito Capital. Antes del teñido se realizaron las pruebas de caracterización de textiles presentadas en la Tabla 4

Se realizó medición instrumental de color bajo la norma NTDM 0151 (2001-03-16) a dos muestras tinturadas con partes de la planta de plátano y a una muestra teñida con colorante de cáscara de cebolla morada (Tabla 5).

Para evaluar la solidez del color en los textiles tinturados se realizaron pruebas de resistencia al clima y al frote (Tabla 6) y ensayos de solidez del color al lavado, el agua y la transpiración (Tablas 7 y 8).

Resultados y discusión

1. Revisión y evaluación de potenciales fuentes de colorantes textiles de origen natural en la región de Cundinamarca

Se presenta una matriz de identificación de posibles fuentes donde se sintetizó la información recolectada de veintiún (21) fuentes naturales identificadas en la vigilancia científico-tecnológica (Tabla 9). En la Tabla 10 se muestra un extracto de la matriz de caracterización detallada realizada luego de la identificación.

Con esta matriz se lograron resumir los resultados de la revisión bibliográfica de una manera práctica y sirvió para realizar la evaluación de sostenibilidad que estaba proyectada en la segunda fase de la metodología. También sirvió para alternar la lectura técnica con la búsqueda de otro tipo de información como disponibilidad, costos e información agrícola.

Al buscar este tipo de fuentes para la obtención de colorantes naturales la alianza con un centro de formación de vocación agroindustrial desde el inicio del proyecto, ojalá como ente co-ejecutor, se identifica como un factor que puede

potenciar el impacto del proyecto y acelera las decisiones de escogencia, así como podría facilitar la consecución de mateprimas, y ayudar a una comunicación directa con el sector agroindustrial, el cual es uno de los principales proveedores de fuentes como lo señalan Shahid y otros (2013), junto con la silvicultura y la industria alimenticia.

Otra ventaja de realizar la vigilancia científica con el mismo equipo que realice después los experimentos de laboratorio es la autonomía y poder de decisión que cada quién toma en la fase experimental.

A partir de la matriz se seleccionaron diez posibles fuentes para la obtención de los colorantes textiles que pueden encontrarse en la Región de Bogotá, Cundinamarca y aledaños: hojas, tallo y cáscara de plátano, hojas y corteza de Nogal, cáscara de gulupa; hoja de guayaba, cáscara de cebolla blanca y morada y residuos de plantas aromáticas. Se realizó una ficha de caracterización de cada una de estas fuentes y también se realizó una presentación describiendo cada fuente para presentarla a los empresarios de la industria textil interesados.

Tabla 5

Muestras analizadas bajo norma NTDM 0151 (2001-03-16) de medición de color.

MUESTRA	NOMBRE DEL ENSAYO
Textil de poliamida, solución de mordiente M1, teñido con hoja de plátano. Muestra secada con termofijadora.	Poliamida-M1-HPlat-STermo
Textil de algodón, solución de mordiente M2, teñido con nervaduras de la hoja de plátano. Muestra secada con termofijadora.	Algodón-M2-NervHPlat-STermo
Textil de algodón, solución de mordiente M1, teñido con cáscara de cebolla morada, secado natural	Algodón-M1-CCM-SNatural

Tabla 6

Listado de muestras evaluadas con los ensayos de resistencia de color al frote y al clima.

MUESTRA	IDENTIFICACIÓN	ENSAYO RESISTENCIA DEL COLOR AL FROTE: MÉTODO DE FROTE ROTATORIO VERTICAL AATCC 116-2018	RESISTENCIA AL CLIMA: EXPOSICIÓN A LA LUZ UV Y HUMEDAD AATCC 186-15
Textil de poliamida, solución de mordiente M1, teñido con hoja de plátano. Muestra secada con termofijadora.	Poliamida-M1-HPlat-STermo	X	X
Textil de poliamida, solución de mordiente M2, teñido con hoja de plátano. Muestra secada con termofijadora.	Poliamida-M2-HPlat-STermo		X
Textil de algodón, solución de mordiente M1, teñido con hoja de plátano. Muestra secada con termofijadora	Algodón-M1-HPlat-STermo	X	X
Textil de algodón, solución de mordiente M2, teñido con hoja de plátano. Muestra secada con termofijadora	Algodón-M2-HPlat-STermo		X
Textil de algodón, solución de mordiente M2, teñido con nervaduras de la hoja de plátano. Muestra secada con termofijadora.	Algodón-M2-NervHPlat-STermo		X
Textil de poliamida, solución de mordiente M2, teñido con tallo de plátano. Muestra secada con termofijadora.	Poliamida-M2-TPlat-STermo		X
Textil de algodón, solución de mordiente de tallo de plátano y NaCl, teñido con flor de plátano. Muestra secada con termofijadora	Algodón-TPlat-FPlat-STermo		X
Textil de algodón, solución de mordiente M2, teñido con cáscara de cebolla amarilla, secado natural	Algodón-M2-CCA-SNatural	X	
Textil de poliamida, solución de mordiente M1, teñido con cáscara de cebolla morada. Secado Natural	Poliamida-M1-CCM-SNatural		X

Tabla 7

Muestras sometidas a ensayo de solidez de color, parte 3: solidez del color al lavado. Método acelerado NTC 1155-3 (2017-10-18)

MUESTRA	IDENTIFICACIÓN
Textil de poliamida, solución de mordiente M2, teñido con hoja de plátano. Muestra secada con termofijadora.	Poliamida-M2-HPlat-STermo
Textil de algodón, solución de mordiente M2, teñido con hoja de plátano. Muestra secada con termofijadora	Algodón-M2-HPlat-STermo
Textil de poliamida, solución de mordiente M2, teñido con tallo de plátano. Muestra secada con termofijadora.	Poliamida-M2-TPlat-STermo

Tabla 8

Muestras sometidas a ensayo de solidez de color al agua AATCC 107-2013 y a la transpiración NTC 772 (2017-03-22)

MUESTRA	IDENTIFICACIÓN
Textil de algodón, solución de mordiente de tallo de plátano y NaCl, teñido con flor de plátano. Muestra secada con termofijadora	Algodón-TPlat-FPlat-STermo
Textil de algodón, solución de mordiente M1, teñido con cáscara de cebolla morada, secado natural	Algodón-M1-CCM-SNatural
Textil de poliamida, solución de mordiente M1, teñido con cáscara de cebolla morada. Secado natural	Poliamida-M1-CCM-SNatural

Tabla 9

Origen específico de las fuentes identificadas para la obtención de colorantes de pigmentos o colorantes ambientalmente amigables

NO	NOMBRE	HOJAS	CORTESAS	FLORES	CÁSCARAS	TALLOS	FRUTOS	SEMILLAS	RAICES	RESIDUOS	ANIMAL
1	Hojas de piminta	X									
2	Hojas de romero y aromatica	X									
3	Zanahoria						X				
4	Semillas de Achiote							X			
5	Cáscara de coco				X						
6	Hojas de Guayaba	X									
7	Corteza de aguacate		X								
8	Corteza de Itamo		X								
9	Hojas de Sacatinta	X									
10	Remolacha						X				
11	Hojas de Chilca	X									
12	árbol de Campeche										
13	Cochinillo										X
14	Hojas de árbol de pito	X									
15	Espinaca	X									
16	Cebolla cáscara amarilla				X						
17	Cebolla cáscara morada				X						
18	Frutilla										
19	Palta (Carozo)										
20	Repollo Colorado										
21	Tomate						X				

Tabla 10

Extracto de matriz de caracterización de fuentes identificadas para la obtención de colorantes de pigmentos o colorantes ambientalmente amigables

FUENTE	UBICACIÓN	DISPONIBILIDAD	AFINIDAD DEL COLORANTE CON TEXTILES NATURALES	TONOS O GAMAS DE COLOR
Hojas de pimienta	Ecuador, putumayo puerto Caicedo	Cosecha todo el año	Algodón 100 % orgánico	Gris entre beige
Hojas de romero y aromáticas	Cundinamarca	Cosechas todo el año, fácil obtención en cultivos de yerbas aromáticas, cocción por dos horas	Algodón 100 % orgánico	Verde claro mentolado
Zanahoria	El Santuario y San Pedro de los Milagros en Antioquia; Tunja y Ventaquemada en Boyacá; Madrid y Villapinzón en Cundinamarca y Túquerres y Pasto en Nariño.		Algodón 100 % orgánico	Naranja
Semillas de Achiote	Risaralda, choco	Obtención en cultivos, cocción por 2 horas	Algodón 100 % orgánico	Naranja claro
Cáscara de coco	Nariño, Cauca, Valle del Cauca, Chocó y Antioquia. Los rendimientos promedio de coco en Colombia son de 7,2 toneladas por hectárea	Se puede conseguir en empresas que trabajen con coco	Algodón 100 % orgánico	Beige entre café claro
Hojas de guayaba	Boyacá, Santander, Meta, Cauca, Tolima, Valle del Cauca, Caldas y Atlántico	Fácil obtención en cultivos por los lados de Boyacá y Santander	Algodón 100 % orgánico	Verde oscuro
Corteza de aguacate	Tolima, Caldas, Valle del Cauca y Antioquia.	Difícil conseguir por volumen, posible obtención en empresas que utilicen la pulpa y desechen el resto, cocción por 3 horas	Algodón 100 % orgánico	Café
Remolacha	Zonas con climas secos y escasas de lluvias, Cundinamarca (incluyendo la sabana de Bogotá), Boyacá, Antioquia, Nariño, Tolima y Caldas, realizando su cultivo en áreas pequeñas	Fácil conseguir en cultivos en la parte rural de Bogotá	Algodón 100 % orgánico	Morado uva (rojizo)
Cochinillo	Vive en el Nopal, difícil consecución en la región, originario de Sudamérica		Algodón 100 % orgánico	El color lo proporciona el ácido carmínico que pertenece a las antraquinonas y que produce un rojo intenso color sangre fue tan apreciado en la antigüedad que consiguió importancia mundial.

2. Evaluación de sustentabilidad

Durante la vigilancia científica no se encontró información sobre la afinidad con fibras sintéticas de los colorantes provenientes de las fuentes naturales estudiadas. Por lo tanto, para las 15 fuentes evaluadas, este criterio tuvo un

puntaje de uno. La calificación de cada criterio para las fuentes evaluadas se encuentra en las tablas 11 y 12. El resultado de la sumatoria para todos los criterios se presenta en la Tabla 13. Como se observa, la calificación realizada presenta los mayores puntajes para las cáscaras de cebolla, hoja de plátano y hojas de guayaba. Debido a que,

Tabla 11
Resultados evaluación de sostenibilidad criterios origen, ubicación, experiencias previas, costo y disponibilidad

NO	NOMBRE DE LA FUENTE	ORIGEN	UBICACIÓN	EXPERIENCIAS PREVIAS	INFORMACIÓN DE COSTO MATERIA PRIMA	DISPONIBILIDAD
1	Hojas de pimienta	0	0	2	0	2
2	Hojas de romero y aromatica	1	1	2	1	2
3	Zanahoria	0	1	2	1	1
4	Hojas de Guayaba	1	0	2	2	1
5	Remolacha	0	1	2	1	1
6	Hojas de Chilca	1	0	2	0	0
7	Arthospira plantensis (microalgas)	1	0	1	0	2
8	Synechococcus sp (microalga)	1	0	1	0	2
9	Ulva sp (macroalgas)	1	0	1	0	2
10	Espinaca	0	1	1	1	1
11	Cebolla cáscara amarilla	2	2	2	2	2
12	Cebolla cáscara morada	2	2	2	2	2
13	Tomate	0	1	0	1	1
14	Cáscara de gulupa	1	0	1	0	1
15	Hojas de Plátano	2	1	2	2	2

Tabla 12
Resultados evaluación de sostenibilidad criterios afinidad con fibras, uso con mordientes, seguridad solidez y acceso inmediato durante la ejecución del proyecto

NO	NOMBRE DE LA FUENTE	AFINIDAD CON FIBRAS NATURALES	USO CON MORDIENTES NATURALES	SEGURIDAD CONTACTO CON LA PIEL	SOLIDEZ COLOR A LUZ Y LAVADO	ACCESO DURANTE EL PROYECTO
1	Hojas de pimienta	2	2	2	2	1
2	Hojas de romero y aromatica	2	2	2	2	0
3	Zanahoria	2	2	2	2	1
4	Hojas de Guayaba	2	2	2	2	2
5	Remolacha	2	2	2	2	1
6	Hojas de Chilca	2	2	2	2	0
7	Arthospira plantensis (microalgas)	1	1	1	0	0
8	Synechococcus sp (microalga)	1	1	1	0	0
9	Ulva sp (macroalgas)	2	1	1	0	0
10	Espinaca	1	0	1	0	1
11	Cebolla cáscara amarilla	2	1	2	2	2
12	Cebolla cáscara morada	2	1	2	2	2
13	Tomate	1	0	1	0	1
14	Cáscara de gulupa	1	0	1	0	1
15	Hojas de Plátano	2	2	1	0	2

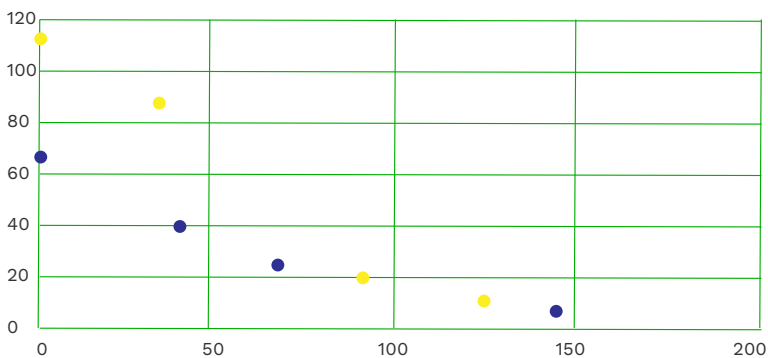
en las zonas visitadas, no se encontraron cultivos extensivos de Guayaba, se trabajó con diferentes residuos del cultivo de plátano y con cáscaras de cebolla que se obtuvieron de tiendas de frutas y verduras ubicadas en Bogotá.

3. Producción de colorantes textiles

Obtención de Colorantes a partir de Hoja de Plátano. En la Tabla 14 se muestra el volumen de colorante que se obtuvo a partir de las hojas y los tallos de la planta de plátano.

Luego de la extracción con solución de NaOH al 5% se obtuvo colorante en una relación de 3.3 ml/g

Figura 2
Curva de secado de muestra de cáscara amarilla a 70°C



de cáscara morada y 3,5 ml/g de cáscara amarilla. Esta concentración se utilizó para calcular la relación de colorante durante el teñido (Ver Tabla 3). En la Tabla 15 se pueden revisar los datos de dos de las extracciones realizadas.

4. Pruebas de caracterización y desempeño

A partir de los ensayos de análisis cualitativo de fibras se verifico la composición de los textiles así la Tela algodón 100% PROTELA dio resultado de Fibra natural celulósica 100% de acuerdo con la norma NTC 481-3 (2012-12-12) Método 5 y la tela poliamida 100% PROTELA resultó en Fibra artificial, composición Nylon según norma NTC 1213 (2016-11-16).

Teñido con Hoja de Plátano. En la Figura 3 se presenta el resultado de la medición experimental de color para la muestra Poliamida-M1-HPlat-STermo y se compara con la muestra Poliamida-M2-HPlat-STermo. Como se puede observar, el uso de diferentes soluciones de mordiente cambia el color final en el textil de poliamida teñido con hojas de plátano.

Tabla 13
Resultados totales evaluación de sostenibilidad de cada fuente estudiada

NO	NOMBRE DE LA FUENTE	RESULTADO EVALUACIÓN
1	Hojas de piminta	14
2	Hojas de romero y aromatica	16
3	Zanahoria	15
4	Hojas de Guayaba	17
5	Remolacha	15
6	Hojas de Chilca	12
7	Arthospira plantensis (microalgas)	8
8	Synechococcus sp (microalga)	8
9	Ulva sp (macroalgas)	9
10	Espinaca	8
11	Cebolla cáscara amarilla	20
12	Cebolla cáscara morada	20
13	Tomate	7
14	Cáscara de gulupa	7
15	Hojas de Plátano	17

Tabla 14
Volumen de colorante obtenido a partir de muestras de hojas y tallo de plátano

MATERIAL	MUESTRA INICIAL	VOLUMEN COLORANTE OBTENIDO	RESIDUOS
Hojas	202 g	761 g	280 g
Tallo cortado	150 g	358 g	104 g
Tallo Triturado	154 g	400 g	90 g

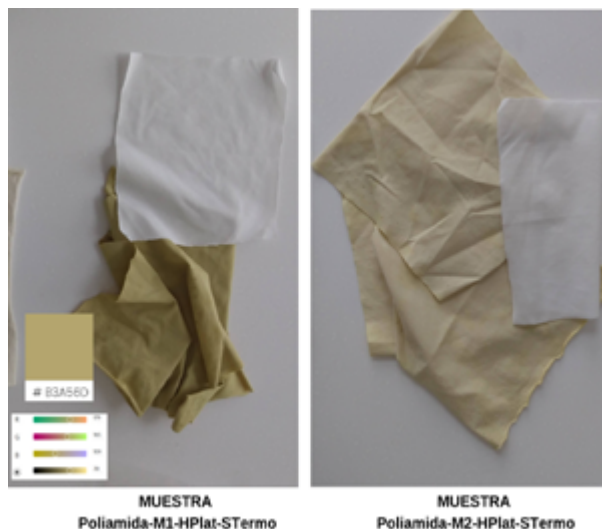
Tabla 15
Datos recopilados en extracción de colorante de cebolla blanca y morada con solución de NaOH al 5%.

TIPO DE CASCARA	MUESTRA SECA (G)	VOLUMEN DE NAOH AL 5% ADICIONADO (ML.)	VOLUMEN DE EXTRACTO DE COLORANTE OBTENIDO DESPUÉS DE FILTRACIÓN (ML.)
Morada	28	280	94
Amarilla	108	1080	376

La solidez del color al frote en la muestra Poliamida-M1-HPlat-STermo obtuvo calificaciones de 4-5 de transferencia de color con la muestra seca y de 4 con muestra húmeda.

La solidez del color al lavado en poliamida tinturada con colorante de hoja de plátano y solución de mordiente M2 (Poliamida-M2-HPlat-STermo), en términos de cambio de color fue baja

Figura 3
Muestras de poliamida teñidas con hoja de plátano utilizando mordiente M1 (Sulfato de cobre + Cloruro de sodio + Jugo de limón) y M2 Piedra alumbre (KAl(SO₄)₂12H₂O) + Cloruro de sodio.



con una calificación 1-2 para las dos muestras evaluadas; sin embargo, se tuvieron calificaciones de 4-5 para transferencia de color a fibras de acetato, algodón, poliamida y acrílico y una calificación de 4 en lana. Lo cual puede significar que el colorante se disuelve en el agua de lavado bajando su solidez, pero no se genera transferencia de color a otras prendas.

Respecto a la resistencia a condiciones climáticas, las muestras de poliamida con ambas soluciones mordientes (Poliamida-M1-HPlat-STermo y Poliamida-M2-HPlat-STermo) muestran calificaciones medias en el cambio de color de 3 y 3-4 en la escala de grises respectivamente después de ser expuestas a humedad del 65% Humedad relativa y luz UV.

El color que se obtiene sobre textil de algodón tiene una tonalidad más clara que el color que se logra sobre poliamida como se observa en la Figura 4. La solidez de color al lavado

de las muestras de algodón teñidas con hojas de plátano tuvo una calificación de 3 en cambio de color y transferencia 4-5 en todas las fibras, excepto en la lana que tuvo una calificación de 4.

En la evaluación de la resistencia del color al frote en la muestra Algodón-M1-HPlat-STermo se tuvieron calificaciones altas de 4-5 en muestra seca y 4 con textil húmedo. Respecto a la resistencia al clima, en las muestras de algodón

Figura 4
Algodón y poliamida teñidos con colorante extraído de hoja de plátano y tratados con mordiente de Piedra alumbre (KAl(SO₄)₂12H₂O) y Cloruro de sodio



teñidas agregando soluciones mordientes M1 o M2 se tuvo un cambio de color con calificación 3-4 después de las 12 horas totales de exposición a humedad y luz UV.

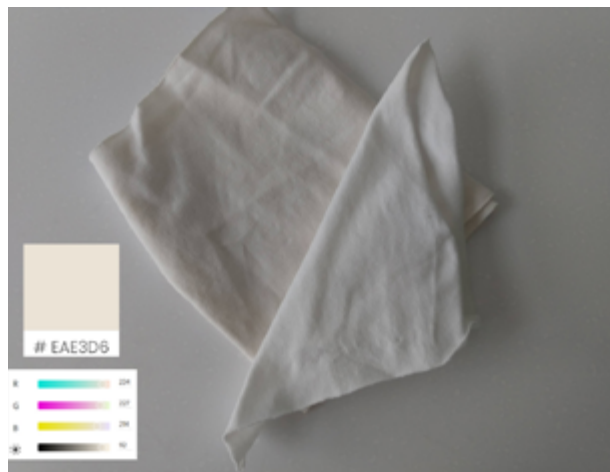
Teñido con Nervadura de la Hoja, Tallo y Flor de Plátano. En la Figura 5 se muestra el resultado de la medición instrumental de color de la muestra de algodón teñida con colorante extraído de las nervaduras que se separaron de las hojas de plátano. Este colorante en algodón mostró calificación de 4 en las pruebas de solidez de color frente a condiciones climáticas.

En el ensayo de solidez de color al lavado las muestras tinturadas con el colorante extraído del tallo de plátano (Poliamida-M2-TPlat-STermo) tuvieron una calificación baja de 1-2 y 2 en el cambio de color, y respecto a la transferencia tuvieron calificaciones de 4-5 en todas las fibras, excepto en la lana en la cual tuvieron calificación de 4. En la resistencia a condiciones climáticas se tuvo calificación de 4 después de las 12 horas de exposición.

Se logró teñir una muestra de algodón con colorante extraído de las hojas que conforman la flor de plátano, utilizando como mordientes el extracto derivado del tallo del plátano y sal (NaCl), evitando así el uso de otros reactivos químicos. Los ensayos de solidez de color al agua y a la transpiración de esta muestra presentaron buenos resultados con calificación de 4 y 4-5 en el cambio de color de las muestras y resultados de 4-5 en todas las fibras que componen la tela testigo utilizada en el ensayo. En la resistencia al clima la calificación de cambio de color fue de

Figura 5

Fotografía de textil de algodón, tratado con solución de mordiente M2, teñido con nervaduras de la hoja de plátano y secado con termofijadora, al lado de la fotografía se muestra el color correspondiente a la medición instrumental de color bajo la norma NTDM 0151 (2001-03-16)



*Nota: Se presenta el resultado en coordenadas de color RGB y HEX resultantes de convertir las coordenadas promedio $L^*90,62$ $a^*0,90$ y $b^*7,27$ en el programa <https://www.nixsensor.com/free-color-converter/>*

3 para esta muestra. En la Tabla 16 se presentan los resultados de solidez de color bajo diferentes condiciones para la muestra Algodón-TPlat-FPlat-STermo.

Teñido con Cáscara de Cebolla Morada. Se presentan los resultados para muestras de Algodón-M1-CCM-SNatural. La medición instrumental de color muestra un resultado de coordenadas promedio $L^* 63,19$ $a^*4,97$ $b^*14,74$ las cuales corresponden a las coordenadas R 170 G149 B 122 de acuerdo con el convertidor de coordenadas NIX Color Sensor (<https://www.nixsensor.com/free-color-converter/>). En la Figura 6 se puede observar la fotografía de la muestra en comparación con el color correspondiente a las coordenadas promedio.

Respecto a los ensayos de solidez de color al agua y a la transpiración se obtuvieron buenos resultados respecto a la transferencia de color en textiles de acetato, algodón, poliamida, poliéster y material acrílico obteniendo en todos los casos calificación de 4-5 en la escala de grises. La calificación disminuye a valores de 4, en el caso de solidez al agua, y 3, para la solidez de color a la transpiración, en el caso de la fibra de lana, lo que significa que puede haber transferencia de color a este tipo de fibra en presencia de agua o en condiciones de transpiración.

Respecto al cambio de color en condiciones de humedad el textil de algodón presenta resultados variables que se atribuyen al tipo de secado. Algunas muestras tuvieron calificación 4-5 en la escala de grises, pero otras tuvieron calificación 2-3. El cambio de color bajo condiciones de transpiración tuvo una calificación 2-3 para todas las muestras.

En el caso de la muestra Algodón-M2-CCA-SNatural, en la prueba de resistencia del color al frote se obtuvieron buenos resultados tanto seco (calificación 4-5) como húmedo (Calificación 4).

Figura 6

Muestra de algodón preparado con solución de mordiente M1, teñido con cáscara de cebolla morada y secado de manera natural comparado con el color equivalente a las coordenadas promedio que se obtuvieron en el ensayo de medición instrumental de color.



Tabla 16
Ensayos de solidez al color y resistencia de las muestras de algodón, tratadas con mordiente de tallo de plátano y NaCl, teñidas con extracto de flor de plátano y secadas con termofijadora

ENSAYO AATCC 107-2013		SOLIDEZ DE COLOR AL AGUA					
Muestra No.	Cambio de color	TRANFERENCIA DE COLOR					
		Acetato	Algodón	Poliamida	Poliéster	Acrílico	Lana
1	4	4 - 5	4 - 5	4 - 5	4 - 5	4 - 5	4 - 5
2	4	4 - 5	4 - 5	4 - 5	4 - 5	4 - 5	4 - 5

ENSAYO AATCC 186-15		RESISTENCIA AL CLIMA: EXPOSICIÓN A LA LUZ UV Y HUMEDAD					
Muestra No.		LECTURA DE CAMBIO DE COLOR DESPUÉS DE EXPOSICIÓN A LUZ UV					
1	3						

ENSAYO NTC 772 22 (2017-03-22)		SOLIDEZ DE COLOR AL AGUA					
Muestra No.	Cambio de color	TRANFERENCIA DE COLOR					
		Acetato	Algodón	Poliamida	Poliéster	Acrílico	Lana
1	4	4 - 5	4 - 5	4 - 5	4 - 5	4 - 5	4 - 5
2	4 - 5	4 - 5	4 - 5	4 - 5	4 - 5	4 - 5	4

En la Figura 7 se comparan los resultados obtenidos al teñir algodón con cáscara de cebolla morada o amarilla y con diferente solución de mordiente.

En el caso del textil de poliamida teñido con cáscara de cebolla morada (Poliamida-M1-CCM-SNatural) se tuvieron calificaciones medias (3 y 3-4) respecto al cambio de color en las pruebas de solidez al agua, con buenos resultados de 4-5 para todas las fibras, excepto en la lana que se tuvo una calificación de 4 para la transferencia de color.

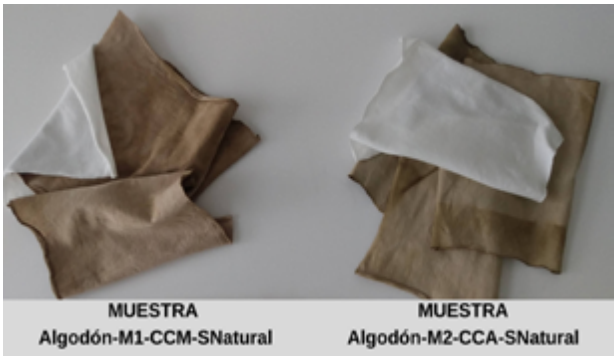
Como se puede observar en la Figura 8 el color final sobre el textil difiere según se tinte algodón o poliamida. Ambas muestras tuvieron buenos resultados en la prueba de solidez al

agua, los cuales se pueden ver afectados por el secado natural de la muestra que no asegura homogeneidad de color en la muestra textil.

Respecto a la resistencia a condiciones climáticas, la muestra de poliamida (Poliamida-M1-CCM-SNatural) obtuvo una calificación media de 3-4 en la escala de grises respecto al cambio de color después de ser expuesta a humedad del 65%*Hr* y luz UV.

En la prueba de solidez de color a la transpiración ambos materiales. Algodón y poliamida tuvieron calificaciones bajas: 2-3 y 1, respectivamente en el cambio de color por acción de la transpiración, pero la transferencia de color tuvo calificaciones entre 3-4 y 4-5 en todas las fibras de la tela

Figura 7
Fotografía de muestra de algodón tinturadas con colorantes de cáscara de cebolla morada (CCM) y cáscara de cebolla amarilla (CCA).



Nota: La explicación detallada del tratamiento realizado a cada muestra se presenta en la sección de metodología y la Tabla 6.

Figura 8
Muestras de algodón y poliamida teñidas con colorante natural de cáscara de cebolla morada.



testigo Multifibra No. 10 MR050, teniendo las menores calificaciones en la fibra de lana. En la Tabla 17 se pueden ver los resultados en detalle.

Resumen Pruebas de Solidez de Color. Hay baja transferencia de color desde poliamida teñida con colorante de hoja de plátano, lo cual se prueba por las calificaciones 4-5 en todos los ensayos de solidez de color al lavado realizados, la fibra más susceptible a transferencia es la lana que tuvo calificaciones de 4.

Respecto al cambio de color, se tuvieron bajas calificaciones después de lavado de la poliamida teñida con colorante de hoja de plátano y solución mordiente M2.

El cambio de color por acción del frote y del clima tuvo calificaciones medias (3) en las muestras de poliamida teñida con colorante de hoja de plátano. El algodón teñido con hoja de plátano tiene calificaciones medias (3 y 3-4) en cambio de color frente al clima, frote y lavado. Presenta altas calificaciones (4-5) respecto a la transferencia a fibras durante el lavado, siendo de nuevo la lana con menor calificación (4).

Conclusiones y Recomendaciones

La vigilancia realizada se logró documentar en cada paso ya que se siguieron los lineamientos y recomendaciones de la Guía metodológica para la formulación de estudios de prospectiva territorial (DE-G- 013) generada por la Dirección de planeación y direccionamiento

corporativo del Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), en lo que respecta a generar ficha de previgilancia, bitácora de búsqueda y fichas de revisión documental, así como especificar el equipo de trabajo, en el que se involucraron a los aprendices vinculados al proyecto como monitores y contrato de aprendizaje.

La ficha de previgilancia ayudó a enfocar y distribuir la labor de revisión bibliográfica en los aprendices vinculados; sin embargo, hace falta fortalecer a través de los semilleros de investigación y dentro de la formación para el trabajo, habilidades investigativas clave para estas labores de búsqueda y lectura de publicaciones científicas, como comprensión y uso de herramientas de búsqueda especializada, análisis de información, lectura de publicaciones científicas, referenciación y citación, y lectura de documentos técnicos en inglés.

Se han identificado y caracterizado quince fuentes con posibilidades de uso para la obtención de colorantes textiles dentro de la región de Bogotá – Cundinamarca, con aplicaciones estudiadas sobre todo en textiles de fibras naturales como el algodón, lana, fique y yute.

Dentro de las características para evaluar la viabilidad y sostenibilidad de las fuentes de colorantes naturales se destaca la posición ecológica, disponibilidad y tipo de fuente. Los residuos de hojas y tallos de la cosecha de plátano son la fuente que presenta mayor potencial de uso para la obtención de colorantes de origen natural sostenibles para la región de Bogotá – Cundinamarca.

Tabla 17
Resultados de prueba de solidez del color a la transpiración según norma NTC 772 (2017-03-22) en muestras de algodón y poliamida teñidas con colorante obtenido de cáscara de cebolla morada. Calificación con escala de grises para cambio MR014 y transferencia de color MR015.

MUESTRA	ALGODÓN-M1-CCM-SNATURAL	TEXTIL DE ALGODÓN, SOLUCIÓN DE MORDIENTE M1, TEÑIDO CON CÁSCARA DE CEBOLLA MORADA, SECADO NATURAL					
		TRANSFERENCIA DE COLOR					
Ensayo No	Cambio de color	Acetato	Algodón	Poliamida	Poliéster	Acrílico	Lana
1	2 - 3	4 - 5	4	4	4 - 5	4 - 5	3 - 4
2	2 - 3	4 - 5	4	4	4 - 5	4 - 5	3 - 4

MUESTRA	POLIAMIDA-M1-CCM-SNATURAL	TEXTIL DE POLIAMIDA, SOLUCIÓN DE MORDIENTE M1, TEÑIDO CON CÁSCARA DE CEBOLLA MORADA. SECADO NATURAL					
		TRANSFERENCIA DE COLOR					
Ensayo No.	Cambio de color	Acetato	Algodón	Poliamida	Poliéster	Acrílico	Lana
1	1	4 - 5	4 - 5	4 - 5	4 - 5	4 - 5	4
2	1	4 - 5	4 - 5	4 - 5	4 - 5	4 - 5	4

Se obtuvieron once (11) prototipos de textiles de algodón y poliamida tinturados con colorantes de origen natural provenientes de los residuos de cosecha de plátano y cáscaras de cebolla amarilla y morada que tuvieron aceptación en Protela S.A para continuar con la realización de pruebas piloto.

Las pruebas de solidez mostraron buenos resultados con una baja transferencia de color desde el textil teñido con colorantes naturales hacia otras fibras, y se observaron oportunidades de mejora para contrarrestar el cambio de color después del lavado.

Agradecimientos

Este artículo se elabora como resultado de varios proyectos ejecutados dentro del área de investigación, innovación y desarrollo tecnológico (Sennova) del Centro de formación de Manufactura en Textil y Cuero, Servicio Nacional de aprendizaje (SENA), Regional Distrito Capital. Asimismo, las pruebas técnicas de desempeño y caracterización se realizaron bajo estándares normativos en el laboratorio de servicios tecnológicos del centro.

La empresa Protela participó activamente en varias etapas de estos proyectos y además proporcionó las muestras textiles para realizar las pruebas de teñido.

Dentro de varias etapas del proyecto intervinieron aprendices semilleristas del centro de formación, se extiende un agradecimiento particular a Jhojan Poveda, Liz Montoya y Heidy Criollo quienes participaron en visitas para obtención de materias primas, pruebas de obtención y teñido.

Las primeras fases documentadas en el artículo se desarrollaron con el apoyo y asesoría del Centro formación de Desarrollo Agroindustrial y empresarial (CDAE) del SENA. Agradezco el apoyo por parte de todo el equipo Sennova de este centro, especialmente el dinamizador Sennova Carlos Alberto Cruz Ramírez y al instructor Jaime Edward Gómez Correa.

Referencias bibliográficas

Jiménez, J. J. (2006). Determinación y Aplicación de Métodos Estadísticos, para Medir Estabilidad Genética en Vegetales, Caso:Banano. (Ingeniero En Estadística Informática). Escuela Superior Politécnica Del Litoral, Guayaquil, Ecuador. Disponible en <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/14780> DSpace en ESPOL database.

Medellín-Castillo, N. A., Hernández-Ramírez, M. G., Salazar-Rábago, J. J., Labrada-Delgado, G. J., & Aragón-Piña, A. (2017). Bioadsorption of lead (II) present in aqueous solutions on natural fiber residues from the textile industry (Agave lechuguilla Torr. and Yucca carnerosana (Trel.) Mckelvey). *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 33(2), 269-280.

Shahid, M., Shahid Ul, I., & Mohammad, F. (2013). Recent advancements in natural dye applications: a review. *Journal of Cleaner Production*, 53, 310.

Slama, H. B., Chenari Bouket, A., Pourhassan, Z., Alenezi, F. N., Silini, A., Cherif-Silini, H., . . . Belbahri, L. (2021). Diversity of synthetic dyes from textile industries, discharge impacts and treatment methods. *Applied Sciences*, 11(14), 6255.

Zaruma, P., Proal, J., Hernández, I. C., & Salas, H. I. (2018). Los colorantes textiles industriales y tratamientos óptimos de sus efluentes de agua residual: una breve revisión. *Revista de la Facultad de Ciencias Químicas*(19), 38-47.