



# APRONATEX

I+D EN EL  
APROVECHAMIENTO DE  
LOS MATERIALES Y  
DESECHOS NATURALES  
EN EL  
ENNOBLECIMIENTO  
TEXTIL





## Contenido

1. Ficha técnica del proyecto.....	3
2. Antecedentes y motivaciones.....	4
3. Objetivos del proyecto .....	5
4. Plan de trabajo .....	6
5. Resultados obtenidos .....	8
6. Impacto empresarial .....	30



# 1. Ficha técnica del proyecto

<b>Nº EXPEDIENTE</b>	IMAMCA/2023/6
<b>TÍTULO COMPLETO</b>	I+D EN EL APROVECHAMIENTO DE LOS MATERIALES Y DESECHOS NATURALES EN EL ENNOBLECIMIENTO TEXTIL
<b>PROGRAMA</b>	Plan de Actividades de Carácter no Económico 2023
<b>ANUALIDAD</b>	2023
<b>PARTICIPANTES</b>	NO PROCEDE
<b>COORDINADOR</b>	Juan Jesús Pérez Pérez
<b>ENTIDADES FINANCIADORAS</b>	IVACE – INSTITUT VALENCIÀ DE COMPETITIVITAT EMPRESARIAL <a href="http://www.ivace.es">www.ivace.es</a>
<b>ENTIDAD SOLICITANTE</b>	AITEX
<b>C.I.F.</b>	G03182870



**GENERALITAT  
VALENCIANA**

**ivACE**  
INSTITUTO VALENCIANO DE  
COMPETITIVIDAD EMPRESARIAL

Este proyecto cuenta con el apoyo de la Conselleria d'Economia Sostenible, Sectors Productius i Treball, a través de IVACE (Institut Valencià de Competitivitat Empresarial)



## 2. Antecedentes y motivaciones

La generación de subproductos o residuos en las diferentes etapas de los procesos productivos es actualmente una problemática a nivel mundial, debido a que en la mayoría de los casos no son procesados o dispuestos adecuadamente, situación que contribuye al proceso de contaminación ambiental. Estos residuos poseen un alto potencial para ser aprovechados en diferentes procesos que incluyen elaboración de nuevos productos, aportar valor agregado a los productos originales y recuperar condiciones ambientales alteradas.

Dentro de Aitex existe una alta concienciación para llegar a una mejora en la sostenibilidad dentro de la industria textil es necesario llegar a una reutilización y aprovechamiento de los residuos industriales generados en los procesos productivos, así como la utilización para el ennoblecimiento textil de recursos naturales tanto vegetales como animales y minerales para poder formar parte de una simbiosis dentro del mundo textil. Del mismo modo el uso de materiales naturales para los procesos de ennoblecimiento textil es uno de los principales objetivos de Aitex, con el fin de sustituir los colorantes, productos químicos auxiliares, resinas etc. que a fecha de hoy se están empleando productos sintetizados por productos provenientes de fuentes naturales.



# 3. Objetivos del proyecto

El principal objetivo de este proyecto será:

- Investigar la aplicación de nuevos materiales de origen vegetal y mineral, así como también el aprovechamiento de los desechos tanto agrícolas como industriales para ser empleados en el ennoblecimiento textil (colorantes y acabados funcionales).
- Investigar y optimizar en el crecimiento de microorganismos capaces de generar diferentes colores para ser empleados como colorantes textiles, así como también la investigación y estudio de nuevas técnicas de extracción de pigmentos naturales.

Objetivos técnicos:

Línea 1. Acabados funcionales (Pj. Antimicrobianos, acústico, impermeable) partiendo de materiales de origen vegetal y mineral. Nuevas técnicas de extracción de pigmentos naturales para la tintura textil y mejora del rendimiento de esta con colorantes naturales.

- Investigar nuevos materiales minerales para la funcionalización textil en aplicaciones por ennoblecimiento.
- Investigar nuevas técnicas de extracción de pigmentos naturales para aplicar sobre textil y cuero.
- Investigar las tinturas por agotamiento en cono de hilo y tejido para mejorar el rendimiento de los colorantes naturales sobre tejidos e hilos de CO, PES, PES Recycled y sus mezclas.

Línea 2. Aprovechamiento de desechos y materiales funcionales de origen vegetal e industrial en acabados textiles. (Pj. polvo floca, desechos del caqui etc.)

- Investigar sobre los desechos agrarios como fuente de nuevos materiales para la realización de acabados y tinturas funcionales.
- Investigar el uso de desechos industriales para su reutilización como nuevos materiales para realizar acabados textiles.

Línea 3. Tintura con microorganismos II.

- Investigar y optimizar la producción de pigmento a partir de microorganismos en el biorreactor.
- Investigar tinturas con una nueva gama de colores a partir de la reproducción en el biorreactor de nuevos microorganismos.



# 4. Plan de trabajo

PAQUETES DE TRABAJO APRONATEX	MESES											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>PT 0. GESTIÓN Y SEGUIMIENTO</b>												
ACTIVIDAD 0.1.: GESTIÓN Y SEGUIMIENTO DEL PROYECTO												
<b>PT 1. PLANTEAMIENTO Y PLANIFICACIÓN</b>												
A1.1.: Planteamiento y planificación												
<b>PT 2: EJECUCIÓN TÉCNICA (EXPERIMENTAL, CARACTERIZACIÓN, COORDINACIÓN Y VALIDACIÓN)</b>												
A2.1.: Estado del arte / viabilidad técnica / ipr												
A2.2.1 Experimental- Acabados funcionales con materias minerales.												
A2.2.2 Experimental- Nuevas técnicas de extracción de pigmentos nat.												
A2.2.3 Experimental- Mejora del rendimiento de la Tintura natural.												
A2.2.4 Experimental- Acabados y tinturas con desechos agrarios e ind.												
A2.2.5 Experimental- Crecimiento de bacterias y tintura colores.												
A2.3. Caracterización- Carecterización de tinturas y acabados.												
A2.4. Análisis y reingeniería												
A2.5. Coordinación técnica y validación												
<b>PT 3: DIAGNÓSTICO DE MERCADO, TRANSFERENCIA Y DIFUSIÓN</b>												
A3.1. Diagnóstico de mercado y trasferencia.												
A3.2. Comunicación y difusión de resultados.												
A3.3. Prototipado.												
<b>PT 4. SUPERVISION Y SEGUIMIENTO DEL PROYECTO</b>												
A.4.1. Supervisión y seguimiento del proyecto												

Paquetes de trabajo				
PT Nº	Nombre	Mes / Año / inicio	Mes / Año / finalización	Horas prevista
0	Gestión y seguimiento del proyecto.	01/2023	12/2023	180
1	Planteamiento y planificación.	01/2023	02/2023	140
2	Ejecución técnica. (Experimental, caracterización, coordinación y validación)	01/2023	12/2023	1270
3	Diagnóstico de mercado, transferencia y difusión	01/2023	12/2023	900
4	Supervisión y seguimiento del proyecto	03/2023	12/2023	35



<b>ENTREGABLES</b>				
<b>Entregable N°</b>	<b>Nombre</b>	<b>Breve descripción</b>	<b>Paquete de trabajo asociado</b>	<b>Mes estimado</b>
2.1	Estado del arte	Estado del arte.	2	03/2023
2.2.1	Ejecución técnica	Línea1. Experimental. Acabados funcionales con materias minerales.	2	12/2023
2.2.2	Ejecución técnica	Línea1. Experimental. Nuevas técnicas de extracción de pigmentos naturales.	2	12/2023
2.2.3	Ejecución técnica	Línea1. Experimental. Mejora del rendimiento de las tinturas con colorantes naturales.	2	12/2023
2.2.4	Ejecución técnica	Línea 2. Experimental. Obtención de acabados y tinturas con desechos agrarios e industriales.	2	12/2023
2.2.5	Ejecución técnica	Línea3. Experimental. Crecimiento de bacterias y tintura con distintos colores.	2	12/2023
2.3	Ejecución técnica	Caracterización tinturas y acabados	2	12/2023
3.1	Mercado y transferencia	Búsqueda de mercado potencial	3	12/2023
3.2	Informe de resultados final	Recopilación y análisis de los resultados obtenidos y resumen de las conclusiones alcanzadas durante el desarrollo del proyecto.	3	12/2023



# 5. Resultados obtenidos

Dentro del proyecto APRONATEX se ha dividido en 3 claras líneas de investigación estando todas las líneas relacionadas entre sí por su aplicación final que es el mismo y este es el campo del ennoblecimiento textil en tintura y acabados.

## 1. LINEA 1

- Investigar la aplicación de nuevos materiales de origen vegetal y mineral.

### 1.1. Investigar distintas técnicas de tintura en tejido para mejorar el rendimiento de los colorantes naturales sobre tejidos de fibras celulósicas.

En esta línea se han validado los resultados obtenidos en el anterior proyecto TINABLE (2022) con el Mordentado desarrollado (TAL) sin el uso de un posmordentado en base cobre, en el proyecto TINABLE se obtuvieron buenos resultados a la luz en tinturas con colorantes vegetales, los ensayos se realizaron a pruebas de laboratorio en el Tint-control, en este proyecto se han trasladado a pruebas semi industriales en máquinas como las de tintura en prenda y máquinas para tintura a la continua donde se han tenido que desarrollar técnicas especiales para obtener óptimos resultados.

Los resultados obtenidos en el proyecto TINABLE sin el uso de postmordentado en base cobre sobre un tejido de lino fueron los siguientes:

Colorante	Tipo de Mordentado	Solidez a la luz
Rubia	Tipo F: TAL	5
Marigold	Tipo F: TAL	3-4
Mulberry	Tipo F: TAL	3
Kerria	Tipo F: TAL	3-4

Tabla 1 Resultados de solidez a la luz 240 h del TINABLE tejido de lino

VALOR	SIGNIFICADO
8	EXCELENTE
7	MUY BUENA
6	BUENA
5	REGULAR
4	MEDIANA
3	BAJA
2	DEFICIENTE – MALA
1	MUY DEFICIENTE



Se ha estudiado la tecnología de micronebulización para su aplicación en tintura con colorantes de origen naturales y sobre diferentes tipologías de fibras naturales.

A través del presente desarrollo, se ha logrado aplicar estos recientes avances tecnológicos para su aplicación en procesos de tintura con colorantes naturales, con el fin de obtener un proceso lo más ecológico posible, mediante el uso de tecnologías sostenibles y de productos de origen natural. La aplicación de esta novedosa tecnología puede ser considerada como una innovación absoluta en el mundo de las tinturas textiles y su validación aporta una gran ventaja medioambiental para el mismo sector industrial, gracias a un importante ahorro de agua y de productos para todas las que son las operaciones de tintura y acabado.

La finalidad de este estudio es el de realizar la tintura por micronebulización para estudiar el uso del Mordentado TAL con este sistema y evaluar los pros y los contras del proceso.



Ilustración 1 De izquierda a derecha, Rubia, Marigold, Mulberry, Kerria Lacca

Los resultados obtenidos por micronebulización con el Mordentado especial TAL en máquina de prenda semi industrial, sobre un tejido de Lino han dado valores un 10% superiores a los obtenidos en el proyecto anterior a escala de laboratorio. **NORMA EN ISO 105-B02 :2014 Método 5.**

Colorante	Mordentado TAL	Solidez luz 100 h	Solidez luz 240 h
Rubia	Micronebul.	6/7	6
Rubia	Agotamiento	6/7	6
Marigold	Micronebul.	3/4	4
Marigold	Agotamiento	3/4	4
Mulberry	Micronebul.	3/4	3/4
Mulberry	Agotamiento	3/4	3/4
Kerria Lacca	Micronebul.	5/6	5
Kerria Lacca	Agotamiento	5/6	5

Tabla 2 Resultados de solidez a la luz de tejidos de lino por micronebulización



También se han realizado ensayos de actividad antibacteriana obteniendo muy buenos resultados sobre todo con la variante **Staphylococcus** siendo una baja actividad para la variante *Klebsiella* excepto con la tintura de *Rubia* que ha resultado significativa, debido a la formulación especial del mordentado ya que contiene sustancias antibacterianas naturales, así como de los propios colorantes naturales.

En este ensayo se comprueba la capacidad antibacteriana de los tejidos. Estos ensayos se realizan siguiendo la norma ISO 20743:2021-pto.8.1.

VALOR DE ACTIVIDAD ANTIBACTERIANA (A)	EFICIENCIA DE LA PROPIEDAD ANTIBACTERIANA
$A < 2$	Baja
$2 \leq A < 3$	Significante
$A \geq 3$	Fuerte

Tintura por micronebulización con mordentado por agotamiento con diferentes colorantes

COLORANTE	Staphylococcus	Klebsiella
Rubia	4,47	2,15
Marigold	2,57	1,66
Mulberry	3,46	1,65
Kerria Lacca	3,92	1,91

Tabla 3 Resultados de actividad antimicrobiana

En esta misma línea, se ha estudiado la realización de tinturas a la continua con colorantes naturales mediante equipos en continuo, ya que es uno de los procedimientos más utilizados en la industria. En este caso se utiliza un foulard, que consiste en realizar una impregnación del tejido en el baño, bien sea de mordentado o de tintura, y posteriormente el tejido se escurre a través de unos cilindros. Aplicados los productos sobre el sustrato, hay que realizar un proceso de fijado, mediante pad-batch en frío o con vapor (pad-steam).

En este punto se han realizado tinturas con colorantes naturales mediante sistemas de tintura a la continua en las que se ha adaptado la maquinaria disponible y las formulaciones para el desarrollo de las diferentes pruebas.

Se han realizado tinturas mediante combinaciones de mordentados ya que no todos los colorantes naturales se comportan igual con los diferentes procesos de aplicación.

Se han obtenido resultados satisfactorios en estas pruebas ya que se han realizado tinturas con 3 tejidos distintos y con dos colorantes naturales las cuales han mejorado las expectativas de las solidez ya que han mejorado un 30 % con respecto a los resultados obtenidos en el proyecto TINABLE (2022).

En estas pruebas de tinte a la continua se han realizado dos procesos de fijado distintos mejorado en uno de ellos la intensidad del color, como se puede apreciar en la ilustración 2



Ilustración 2 Tintura a la continua de Rubia (madder) comparativa de fijado pad Seam (PS) a pad batch (PB)

Ilustración 3 Tintura a la continua de Marigold con Mordentado TAL y fijado pad Steam

En esta misma línea se ha desarrollado una nueva tecnología para aumentar tanto la intensidad del color como la solidez a la luz, mediante la realización de diferentes procesos de preparado de los tejidos para posteriormente realizar una tinte con colorantes naturales en este caso una con Rubia y otra con gallnut+modificador.



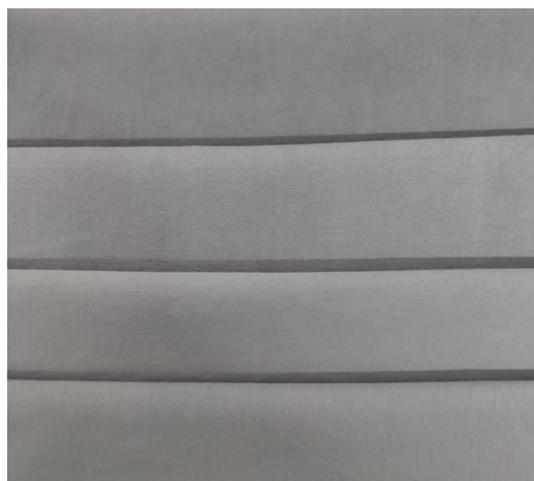
Con estos pretratamientos se ha conseguido aumentar un aprox. 13% la solidez a la luz y un considerable aumento en la intensidad del color como se puede apreciar en la ilustración 5.



*Ilustración 4* Máximo aumento de intensidad con pretratamiento especial



*Ilustración 5* Degradado en una misma tintura con distintos pretratamientos. Más intensidad arriba



*Ilustración 6* Degradado en una misma tintura con distintos pretratamientos. Más intensidad arriba

Se puede observar en las ilustraciones 6 y 7 la degradación del color con distintos pretratamientos siendo la más intensa en el degradado la muestra de arriba, todas las muestras de la figura 6 se han tintado en la misma tintura con rubia al igual que todas muestras de la figura 7 se han tintado en la misma tintura con galnut+modificador, siendo en cada muestra el resultado distinto en cuanto a intensidad y solideces a la luz.



Se han realizado tinturas tanto a escala de laboratorio como a escala industrial de pieles de oveja merina utilizando mordientes y extractos de origen natural y comprobar su viabilidad técnica.

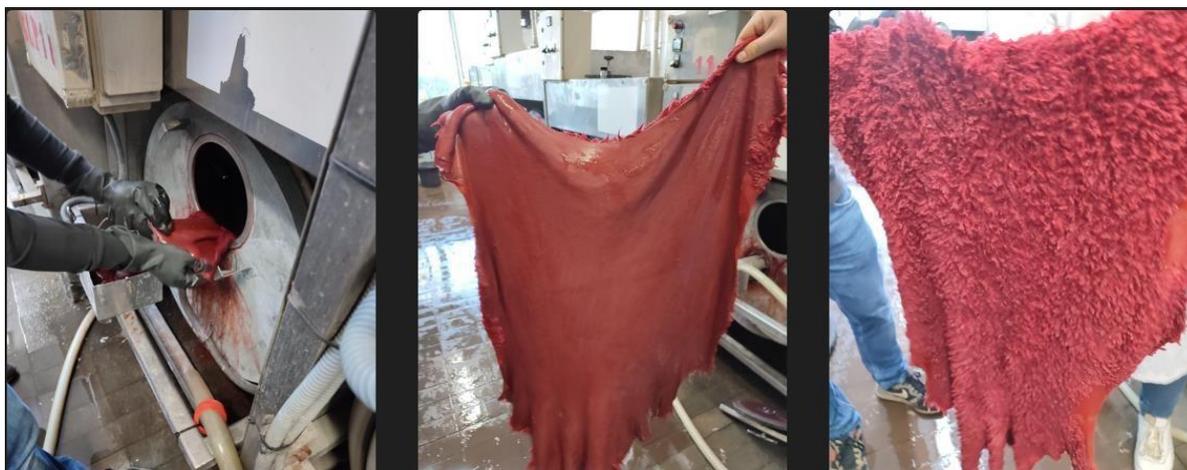


Ilustración 7 RESULTADO DE TINTURA DE RUBIA

RESISTENCIA AL FORTE SECO /HUMEDO EN ISO 105-X12					
NATURAL				CONVENCIONAL	
RUBIA		GALLNUT-RUBIA			
SECO	HUMEDO	SECO	HUMEDO	SECO	HUMEDO
4	4-5	5	5	5	5

Siendo 0 el peor resultado y 5 el mejor.

ENSAYO DE SOLIDEZ A LA LUZ UNE-EN ISO 105-B02 (24 H)					
NATURAL				CONVENCIONAL	
RUBIA		GALLNUT-RUBIA			
LANA	CUERO	LANA	CUERO	LANA	CUERO
5	4	4	3	4	4/5

Tabla 4 Resultados de solidez a la luz y al frote de LANA-CUERO

Siendo 0 el peor resultado y 8 el mejor.



Se ha podido concluir que las pieles se han podido tinter con extractos naturales, tanto la parte de lana como la de cuero se han tintado obteniendo los colores esperados. Con respecto al proceso se trata de un proceso similar al de la tintura con colorantes convencionales, por lo que no afectará en exceso el cambio de proceso de tintura con extractos naturales.

En cuanto a los resultados de caracterización se puede concluir que para un mercado de moda son buenos resultados, teniendo en cuenta la comparativa con las tinturas convencionales. En el frote, ha estado  $\frac{1}{2}$  punto por debajo que las convencionales y con respecto a la luz se ha conseguido  $\frac{1}{4}$  punto menos que las convencionales.

## 1.2. Investigar nuevos acabados y tinturas con materias minerales para aportar a los tejidos nuevas propiedades.

Los pigmentos minerales son sustancias de origen inorgánico que se utilizan para agregar color a diferentes productos, como pinturas, tintas, plásticos, cosméticos y textiles. Estos pigmentos se obtienen de minerales naturales y se caracterizan por su estabilidad, resistencia a la luz y propiedades físicas y químicas específicas.

En esta línea se han realizado tinturas con pigmentos minerales para mejorar las propiedades y las solidez para conseguir una tintura más sostenible con buenos resultados de solidez al envejecimiento de los textiles como se muestra en la tabla.

Colorante	Sustrato	Solidez 100 h	Solidez 240 h
Azul mineral	Lino	5	5
Azul mineral	Teletón	5	5
Mineral Red	Lino	7/8	6
Mineral Red	Teletón	8	6/7
Min. Canary	Lino	8	6/7
Min. Canary	Teletón	8	6/7

Tabla 5 Solidez a la luz de pigmentos minerales.

Se puede observar que los resultados de los pigmentos minerales son muy superiores a los obtenidos con los colorantes vegetales/animales, un 36% superior, siendo el azul mineral el valor más bajo 5 a 240 h de exposición dentro de los pigmentos minerales.



En cuanto a los resultados de la solidez al lavado también son superiores a las obtenidas con los colorantes vegetales en un 36% así como las solidez al frote en seco han resultado un 20 % más bajas, mientras que en húmedo se comportan de manera similar.

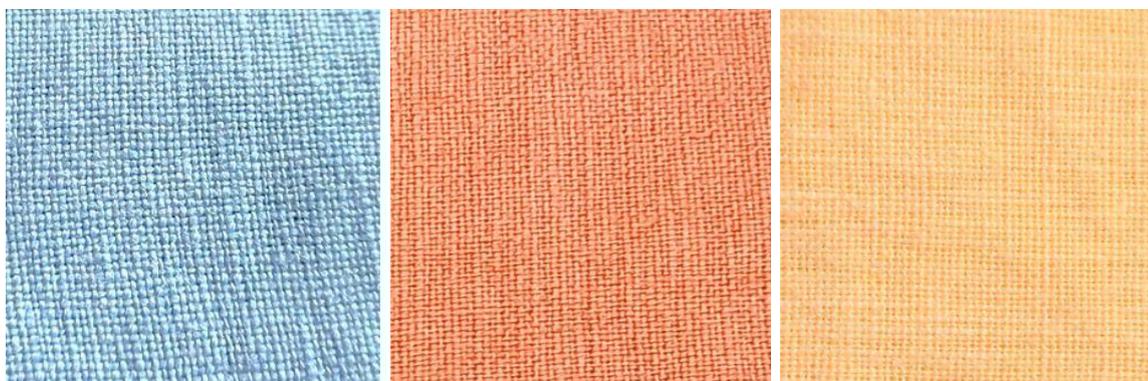


Ilustración 8 De izquierda a derecha tinturas de Lino con pignemtos minerales Blue, Red y Canary



Ilustración 9 De izquierda a derecha tinturas de Algodon con pignemtos minerales Blue, Red y Canary

También se han realizado ensayos de actividad antibacteriana obteniendo muy buenos resultados para ambas variantes *Staphylococcus* y *Klebsiella* excepto con la tintura del blue que ha resultado una actividad baja para la variante *Klebsiella*.

En este ensayo se comprueba la capacidad antibacteriana de los tejidos. Estos ensayos se realizan siguiendo la norma ISO 20743:2021-pt0.8.1.

VALOR DE ACTIVIDAD ANTIBACTERIANA (A)	EFICIENCIA DE LA PROPIEDAD ANTIBACTERIANA
$A < 2$	Baja
$2 \leq A < 3$	Significante
$A \geq 3$	Fuerte

SUSTRATO	COLORANTE	<i>Staphylococcus</i>	<i>Klebsiella</i>
Lino	Azul (mineral)	2,75	1,47
Teletón	Azul (mineral)	3,2	1,6
Teletón	Mineral Red	4,06	3
Teletón	Mineral Canary	4,17	3

Tabla 6 Resultados de actividad antimicrobiana



Se puede concluir que los resultados obtenidos en las tinturas con pigmentos han sido satisfactorios, tratando de pigmentos más ecofriendly con el medioambiente.

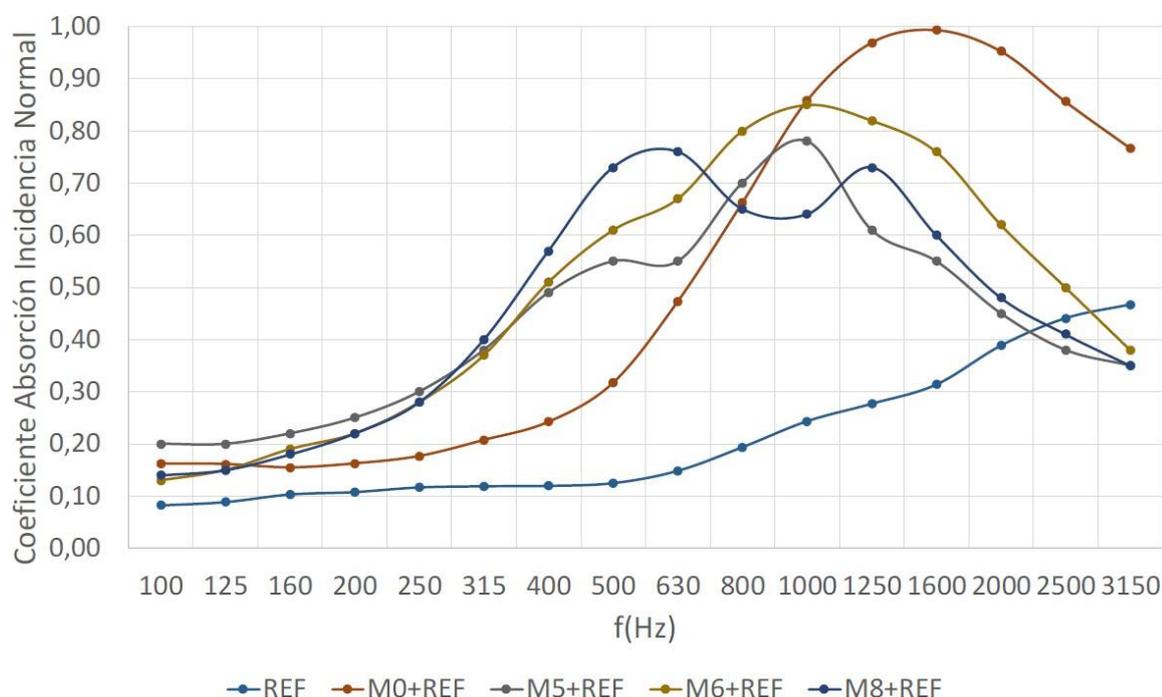
En esta línea de investigación también se han realizado acabados mediante recubrimientos con resinas biobasadas y cargas minerales sobre tejido de Algodón, obteniendo los siguientes resultados:

### Absorción acústica:

Se ha realizado un recubrimiento con distintos minerales y grafitos con distintas combinaciones junto con una resina biobasada para evaluar el comportamiento acústico en cuanto a absorción.

Con los recubrimientos con cargas minerales podemos afirmar que los minerales incluidos en los recubrimientos de los tejidos influyen de forma directa y notable en el comportamiento acústico absorbente de los materiales. Esta característica queda condicionada al uso de los tejidos recubiertos junto a un material absorbente de base. Los tejidos por sí solos, por su bajo espesor y gramaje no tienen un comportamiento acústico absorbente, sin embargo, cuando se utiliza en combinación con un material fibroso absorbente no sólo incrementa su absorción, sino que también, *modula la curva de absorción ensanchándola y desplazándola hacia la zona de medias y bajas frecuencias. Este rango de bajas frecuencias es tradicionalmente más difícil de tratar con materiales fibrosos y requiere de grandes espesores de absorbente y estructuras resonantes complejas y específicas. El aumento de absorción en dicho rango es siempre positivo, más teniendo en cuenta que se obtiene con un incremento de espesor mínimo, inferior a 0,5 mm.*

Esto queda representado en la siguiente grafica:



Se puede observar como la muestra M8+REF se comporta como un buen absorbente acústico a unas longitudes de onda más bajas que las longitudes de onda típicas de los absorbentes acústicos esta propiedad puede ser muy beneficiosa para poder aislar las bajas frecuencia como por ejemplo los bajos en un equipo de música.



### Impermeabilidad:

Se han realizado recubrimiento con cargas minerales que mejoran la impermeabilidad se han comparado dos tejidos recubiertos uno con cargas minerales y el otro si cargas.

Se han analizado los resultados de la impermeabilidad en columna de agua, según la normativa europea UNE-EN ISO 811:2018 "Resistencia a la penetración del agua. Ensayo bajo presión hidrostática".

En la siguiente tabla se pueden observar dos valores de la presión en cm del H<sub>2</sub>O y la media entre dichos valores.

MUESTRA	PRESIÓN (cm H <sub>2</sub> O)		MEDIA (cm H <sub>2</sub> O)
Con cargas minerales	Valor 1	15,2	16,8
	Valor 2	18,5	
Sin cargas minerales	Valor 1	4,5	4,1
	Valor 2	3,7	

Tabla 7 Resultados de presión de agua soportada

Se puede observar que la presión soportada por el tejido con cargas minerales es aprox. 4 veces superior al soportado por el tejido sin cargas.

### Solidez a la luz:

También se han realizado ensayos de solidez a la luz ya que hay minerales que mejoran esta propiedad en el sector de pinturas pigmentaria. Los resultados obtenidos con tejidos recubiertos con estas cargas minerales especiales *han mejorado un 6% la solidez a luz con respecto a un tejido recubierto sin cargas minerales como se muestra en la tabla siguiente:*

Muestras	Solidez 240 h
SIN CARGAS MINERALES	5-6
CON CARGAS MINERALES 1	6
CON CARGAS MINERALES 2	6
CON CARGAS MINERALES 3	6

Tabla 8 NORMA EN ISO 105-B02:2014 Método 5.

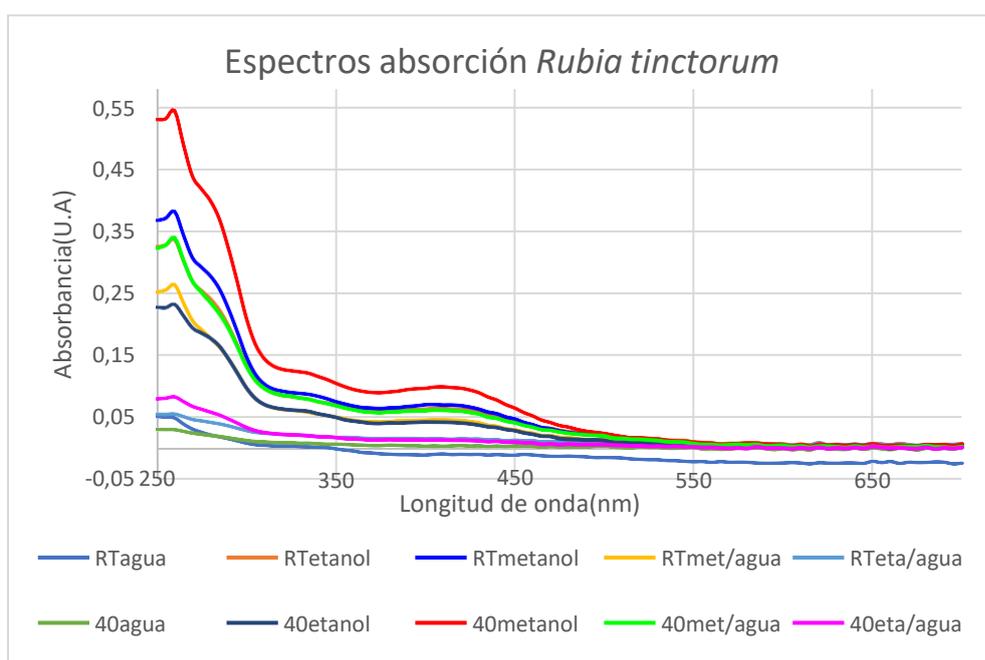


### 1.3. Nuevas técnicas de extracción de colorantes naturales.

En esta línea de investigación se ha conseguido caracterizar espectrofotométricamente los compuestos principalmente coloreados de las plantas tintóreas: Reseda luteola y Rubia tinctorum.

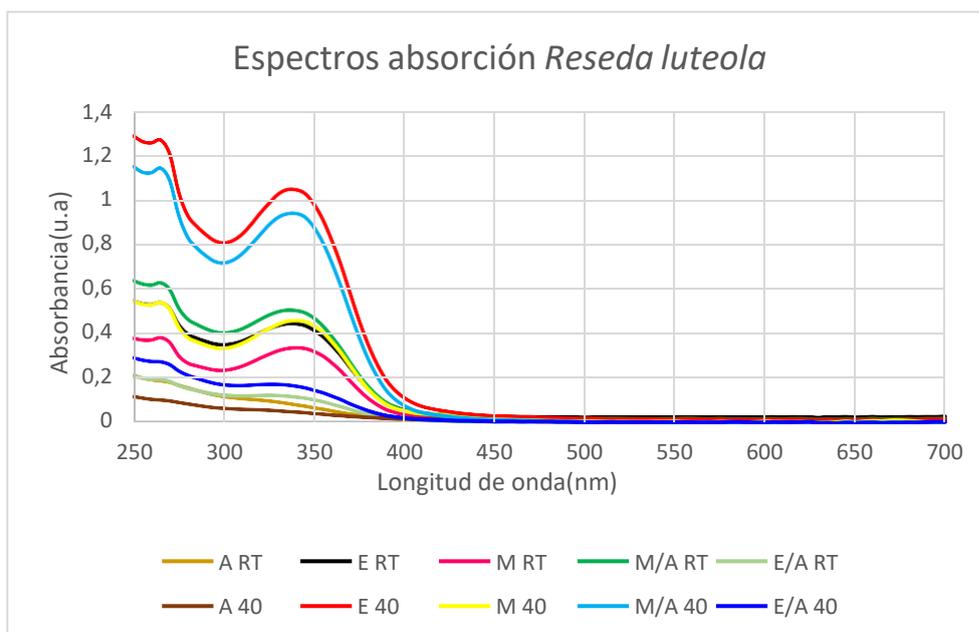
#### CARACTERIZACIÓN ESPECTROFOTOMÉTRICA DEL EXTRACTO DE RUBIA TINCTORUM

Se ha realizado una medida de cuantificación de la concentración del extracto de Rubia tinctorum por espectroscopía UV. El compuesto que nos da la coloración mayoritariamente de este tipo de extractos es la alizarina, en la base de datos de espectros PhotoChem CAD nos muestra el siguiente coeficiente de extinción molar ( $\epsilon$ ) a 248 nm en etanol es 28400 L/g\*cm. Una vez medida la absorbancia a 248 nm y con la fórmula de la ley de Lambert-Beer:  $A = \epsilon \cdot c \cdot l$ . De este modo conocemos de una manera más aproximada la concentración de [Alizarina] compuesto coloreado y podemos tener una cuantificación del extracto antes de llegar al proceso de tintura.



#### CARACTERIZACIÓN ESPECTROFOTOMÉTRICA DEL EXTRACTO DE RESEDA LUTEOLA

Se ha realizado una medida de cuantificación de la concentración del extracto de Reseda luteola por espectroscopía UV. El compuesto que nos da la coloración mayoritariamente de este tipo de extractos es la luteína, dicha molécula tiene el siguiente coeficiente de extinción molar ( $\epsilon$ )  $\lambda$ (máx.) = 445 nm en etanol es 2500 L/g\*cm. Una vez medida la absorbancia a 445 nm y con la fórmula de la ley de Lambert-Beer:  $A = \epsilon \cdot c \cdot l$ . Así podemos obtener una medida más precisa de la concentración de [luteolina] compuesto coloreado y podemos tener una cuantificación del extracto antes de llegar al proceso de tintura.



A sabiendas de la importancia de poder obtener en formato polvo colorantes naturales textiles cada vez más demandado por la industria textil se ha conseguido mediante la técnica de spray-drier colorantes naturales secos.



*Ilustración 10: polvo Rubia tinctorum al 10% maltodextrina*



*Ilustración 11: polvo Reseda luteola al 20% maltodextrina.*



Se han obtenido técnicas de extracción sostenibles como son por microondas y autoclave, estas nuevas formas de extracción son más amigables con el medio ambiente que las técnicas convencionales de extracción, debido a que utilizan disolventes verdes o bien, menor cantidad de disolventes orgánicos, y requieren de menor tiempo de extracción. A estos métodos de extracción se les conoce como tecnologías emergentes o tecnologías no convencionales, siendo las de mayor importancia las siguientes extracciones: la asistida por ultrasonido (EAU), por microondas (EAM). También se ha utilizado la tecnología de extracción por autoclave.

## MICROONDAS

Se ha realizado una prueba de extracción y tintura simultánea por microondas de *Rubia tinctorum* y *Reseda luteola* con distintos tipos de mordentados.



Ilustración 12: extracción+tintura de *Rubia tinctorum* con microondas con mordentado T.A.L

## ULTRASONIDOS

Se han realizado pruebas por extracción asistida por ultrasonidos con *Rubia tinctorum* observando diferencias entre ellas. Como se puede apreciar en la siguiente tabla cuando se utilizan los ultrasonidos para extraer se obtiene una mayor concentración de alizarina que es el principio activo del color.

	<i>Abs<sub>278nm</sub></i>	<i>[Alizarina] mg/L</i>
<b>Control</b>	0,913	8,03
<b>Ultrasonidos</b>	1,378	12,13

Tabla 9 Resultados de absorbancia y concentración



## AUTOCLAVE

Esta técnica extractiva combina alta temperatura y presión para extraer los compuestos coloreados de las plantas seleccionadas: Rubia tictorum y Reseda luteola.



Ilustración 13: tinturas realizadas con extracción por autoclave de Rubia y Reseda.

## 2. LINEA 2

- **El aprovechamiento de los desechos tanto agroindustriales como industriales para ser empleados en el ennoblecimiento textil (colorantes y acabados funcionales).**

La generación de subproductos o residuos en las diferentes etapas de los procesos productivos es actualmente una problemática a nivel mundial, debido a que en la mayoría de los casos no son procesados o dispuestos adecuadamente, situación que contribuye al proceso de contaminación ambiental. Estos residuos poseen un alto potencial para ser aprovechados en diferentes procesos que incluyen elaboración de nuevos productos, aportar valor agregado a los productos originales y recuperar condiciones ambientales alteradas.

En esta línea se han desarrollado tinturas y recubrimientos realizadas con desechos tanto agroindustriales como industriales.

Con respecto a desechos agroindustriales se ha conseguido desarrollar formulaciones con desechos de kaki fermentado (kakishibu) tanto en formato polvo como en líquido y se han aplicado a los textiles mediante tinturas por agotamiento y a la continua por inmersión así como por estampación.

En Japón, la elaboración y utilización del kakishibu es una tradición centenaria por sus características antibacterianas e impermeables. No sólo se utiliza en textiles sino también como tinte protector para madera y papel, tanto por su color como por sus características antibacterianas e impermeables.



En primer lugar se muestran las tinturas realizadas por agotamiento en tint-control,



Ilustración 14 Tintura de kakishibu realizada por agotamiento. De izq a dcha: 0,5%, 1%, 2%, 5%

Se han realizado ensayos de actividad antibacteriana obteniendo muy buenos resultados sobre todo con la variante **Staphylococcus** siendo baja para la variante **Klebsiella**.

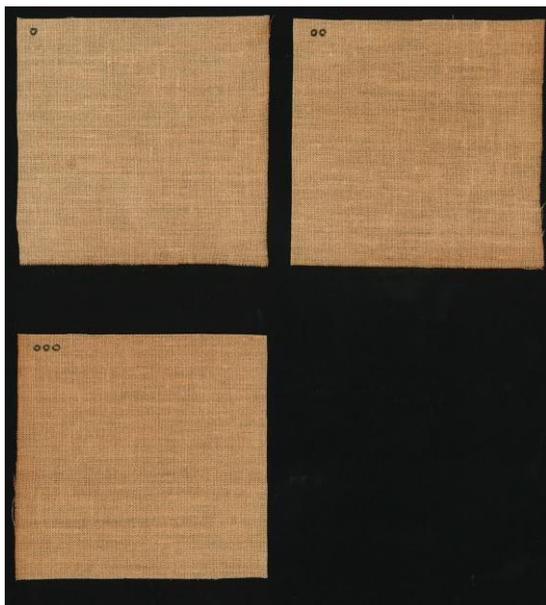
En este ensayo se comprueba la capacidad antibacteriana de los tejidos. Estos ensayos se realizan siguiendo la norma ISO 20743:2021-pt0.8.1.

VALOR DE ACTIVIDAD ANTIBACTERIANA (A)	EFICIENCIA DE LA PROPIEDAD ANTIBACTERIANA
$A < 2$	Baja
$2 \leq A < 3$	Significante
$A \geq 3$	Fuerte

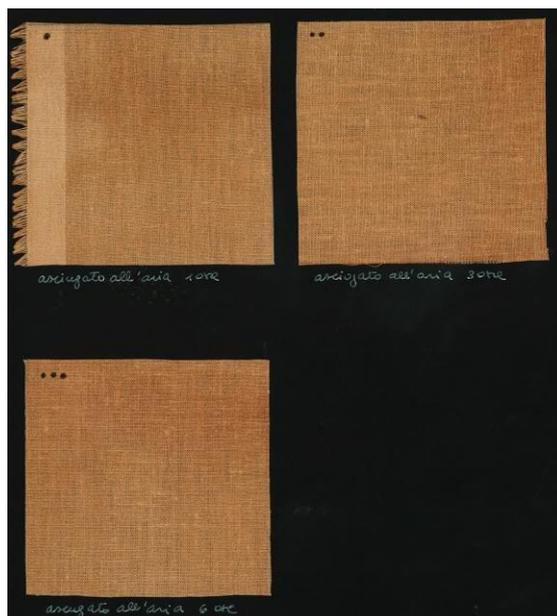
Muestra	Staphylococcus	Klebsiella
1%	3,66	1,54
5%	3,97	1,61

Tabla 10 Resultados de actividad antimicrobiana

Igualmente se han desarrollado tinturas a la continua por inmersión en fulard, añadiendo post tratamientos con modificadores de color.



Tintura con kakishibu en polvo.  
1 inmersión.



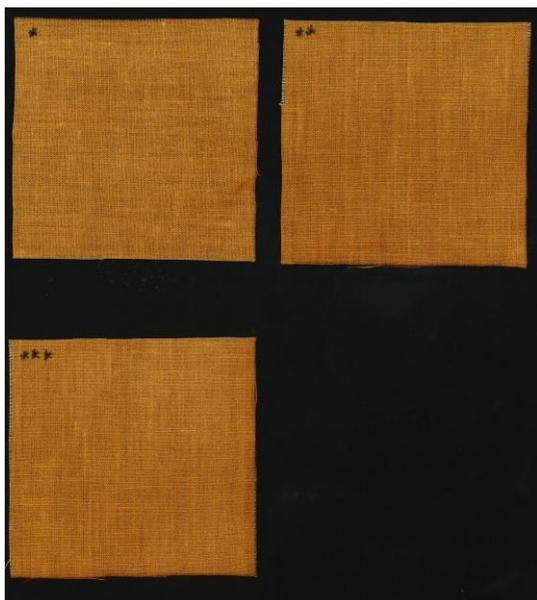
Tintura con kakishibu en polvo.  
2 inmersiones.



Tintura con kakishibu en polvo.  
1 inmersión.  
Modificador 1



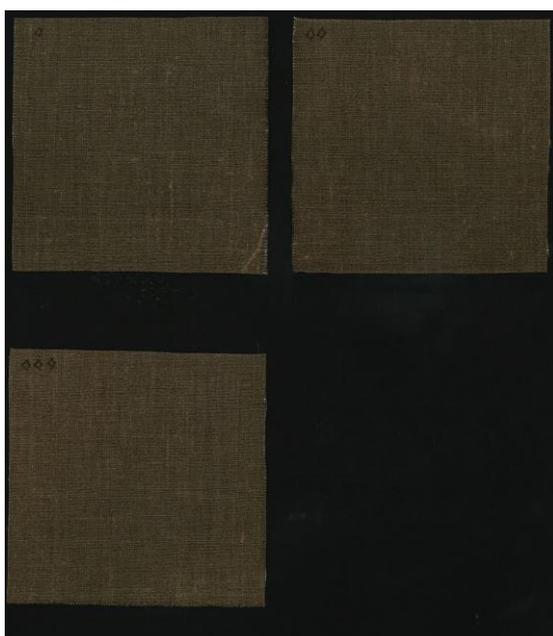
Tintura con kakishibu en polvo.  
2 inmersiones.  
Modificador 1



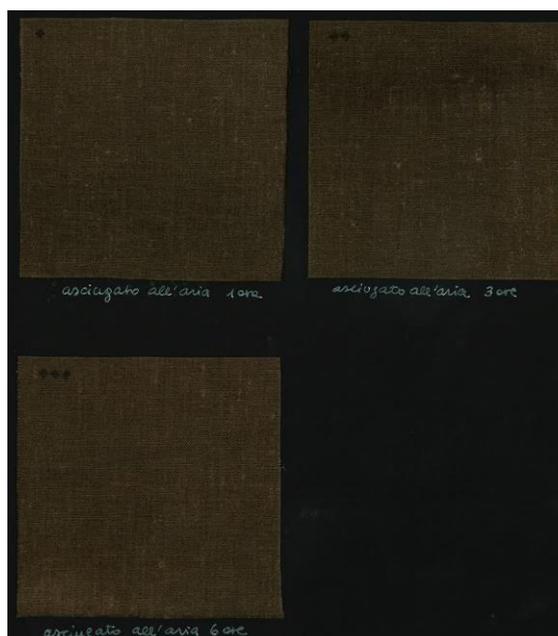
Tintura con kakishibu en polvo.  
1 inmersión.  
Modificador 2



Tintura con kakishibu en polvo.  
2 inmersiones.  
Modificador 2



Tintura con kakishibu en polvo.  
1 inmersión.  
Modificador 3



Tintura con kakishibu en polvo.  
2 inmersiones.  
Modificador 3



En esta línea también se han desarrollado estampación con el fermento del kaki de una manera artesanal.

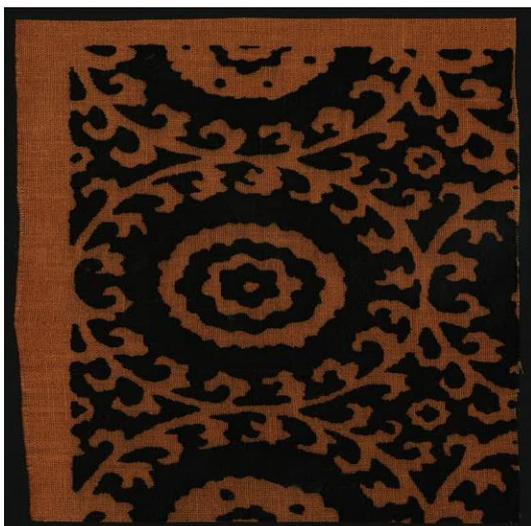


Ilustración 15 Estampación con el modificador 3 sobre un tejido de algodón 100% tintado con fermento de kaki



Ilustración 16 Capacidad de perleo por tensión superficial del tejido tratado con fermento de kaki

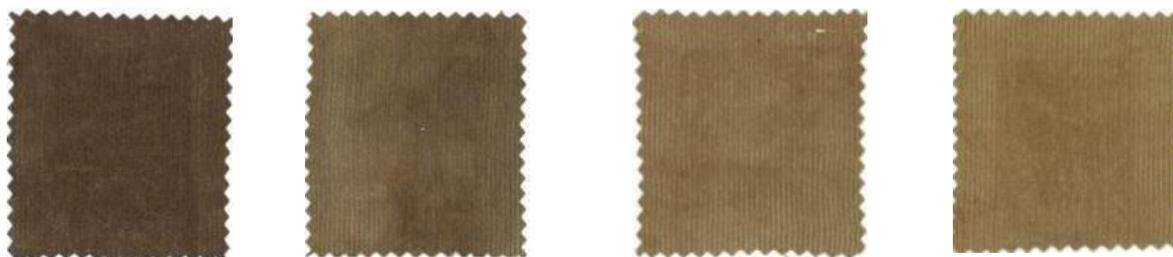
Uno de los resultados más relevantes en esta línea de investigación es el buen resultado de hidrofobicidad del fermento de kaki, se ha realizado el test de repelencia al agua y al aceite a un tejido tratado por inmersión con fermento de kaki y también con el modificador 3 dando los siguientes resultados:

Sustrato	Repelencia al agua	Repelencia al aceite
Lino+kaki	3	0
Lino +kaki+modif3	2	0

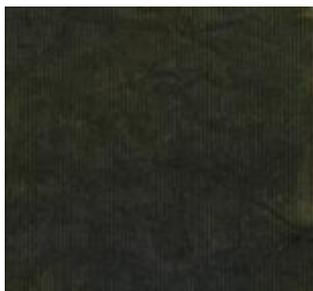
Tabla 11 Resultados de hidrofobicidad

Hay que destacar que los actuales productos hidro repelentes sintéticos libres de flúor existentes en el mercado dan unos resultados similares a los obtenidos con el fermento de kaki.

También se ha desarrollado en esta línea de residuos agroindustriales tinturas y estampaciones con otros residuos agro-industriales los cuales no han proporcionado colores como el marrón, gris y negros siendo estos colores escasos dentro del mundo de los colorantes naturales. Cuyos resultados han sido los siguientes:



Marrones



**Gris**



**Negro**

En cuanto a residuos propiamente industriales se han desarrollado recubrimientos a partir de desechos de la industria textil y de la industria de la industria peletera.

*Se ha conseguido reducir a partículas micrométricas los desechos, de esta manera se han podido dispersar las partículas micrométricas como cargas y posteriormente han sido emulsionadas de una manera especial con resinas biobasadas con una tg muy estudiada para ser empleadas por recubrimiento sobre un tejido de algodón.*

El resultado ha sido con el desecho textil un tejido recubierto con aspecto de denim y con el otro residuo de la industria peletera un tejido recubierto con aspecto de cuero.



*Ilustración 17 Tejido recubierto con residuo textil y aspecto denim*



*Ilustración 18 tejido recubierto con residuo de cuero y aspecto de cuero*



### 3. LINEA3

- Investigar y optimizar en el crecimiento de microorganismos capaces de generar diferentes colores para ser empleados como colorantes textiles, así como también la investigación y estudio de nuevas técnicas de extracción de pigmentos naturales

#### 3.1 PIGMENTO BACTERIANO: VIOLACEÍNA

Se ha puesto a punto un sistema a pequeña escala de cuantificación de *violaceína* (pigmento microbiano coloreado) para probar distintos medios de cultivos a escala de laboratorio mediante espectroscopía-UV.

Se ha logrado bioproducir *violaceína* en un bioreactor con una concentración de 1.84 mg/L.

*En cuanto a la producción del pigmento bacteriano violaceína, sintetizado por la bacteria Chromobacterium violaceum, se ha conseguido sustituir un medio de cultivo y un suplemento de triptófano, por un residuo industrial y un extracto rico en triptófano ambos más económicos y sostenibles.*

*Se ha conseguido la obtención de dos tonos distintos a partir del mismo pigmento bacteriano, la violaceína. Esto se ha logrado variando la predispersión de la violaceína.*



*Ilustración 19: violaceína predispersada 1.*



*Ilustración 20: violaceína predispersada 2*

Se ha realizado la estampación con violaceína:



*Ilustración 21: estampación con violaceína*



### 3.2. PIGMENTOS A PARTIR DE LEVADURAS: ASTAXANTINA Y MELANINA.

- Se han establecido los parámetros óptimos de cultivo para la producción de pigmentos en matraz de las cepas *X. dendrorhous* y *Exophiala* sp. Además, definimos la composición de los medios de cultivo (ricos y low-cost) tanto para la síntesis de pigmentos rojos (*X. dendrorhous*) como para la producción de pigmentos negros (*Exophiala* sp.).
- Se ha realizado la extracción de carotenoides (astaxantina) de *Xanthophyllomyces* (color anaranjado) y melanina de *Exophiala* sp.(color negro) llevándose a cabo procesos de disrupción, extracción, purificación y cuantificación de los pigmentos naturales.

#### ASTAXANTINA (anaranjado)

- Hemos escalado el proceso de producción de pigmentos rojos a un biorreactor de 5L.

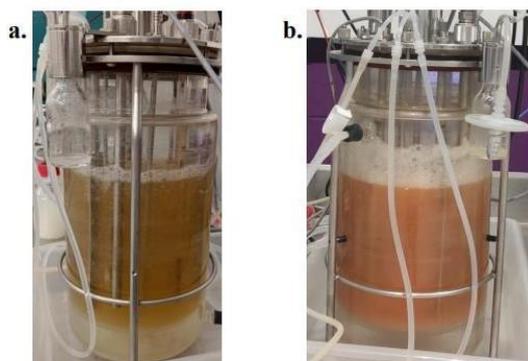


Ilustración 22: producción de astaxantina en biorreactor a) principio y b) fin.



Ilustración 23: baño de tintura con astaxantina procedente de cultivo de *Xanthophyllomyces*.

#### MELANINA (negro)

- Se ha conseguido tinter con el pigmento microbiano a base de leva Melanina y pre-mordentando con TAL (formulación aitex):



Ilustración 24: baño de tintura de melanina.



Ilustración 25: tinción con melanina y pre-mordentado con T.A.L.



## 4. CONCLUSIONES

Una vez obtenidos los resultados del proyecto cabe destacar las siguientes ventajas y mejoras en las diferentes líneas de investigación:

1. LINEA1. En relación a las tinturas con extractos naturales y minerales cabe destacar que se han mejorado los resultados referentes a los rendimientos de color y solidez al envejecimiento sobre todo en cuanto a la luz refiere con respecto a lo que existe actualmente en el mercado. Estas mejoras en las propiedades de las tinturas son las que el mercado está demandando actualmente para usos más exigentes del mismo.  
En esta misma línea también se puede concluir que los resultados en cuanto a la actividad antibacteriana también han resultado una propiedad añadida al uso de los métodos desarrollados por lo que es una gran ventaja que al mismo tiempo que se ha mejorado el rendimiento y solidez también se mejore la actividad antibacteriana sin la necesidad de realizar un proceso añadido y que al mismo tiempo se cumpla con las directivas de sostenibilidad.
2. LINEA2. Con respecto a la utilización de residuos agro-industriales e industriales para ser utilizados para el ennoblecimiento textil se han conseguido realizar acabados y tinturas que mejoran algunas propiedades especiales de los tejidos como pueden ser la hidrofobicidad libre de PFCs y totalmente naturales, esta es una de las propiedades más demandadas actualmente en el mercado ya que las alternativas que existen actualmente son materias sintéticas, también se ha conseguido con otro desecho agroindustrial obtener el color marrón que es uno de los colores que es más difícil de conseguir con extractos naturales y que el mercado demanda, cumpliendo con las directivas de sostenibilidad existentes y futuras. También se han conseguido realizar recubrimientos con desechos propiamente industriales aportando a estos desechos una segunda funcionalidad dentro del mundo textil.
3. LINEA3. En cuanto a la producción de pigmentos mediante el crecimiento de bacterias y levaduras se puede concluir que es una fuente de pigmentos natural inagotable y segura ya que se ha podido esterilizar las bacterias con productos que posteriormente nos van a servir como puente de enlace entre el pigmento y los textiles.  
Se han conseguido desarrollar medios de cultivo distintos en los cuales los pigmentos desarrollan un color diferente pudiendo conseguir dos colores con un mismo pigmento, al mismo tiempo se ha conseguido producir pigmento a base de bacterias bio-producidas con desechos industriales, con todo esto podemos concluir que con la producción de pigmentos a partir de bacterias y levaduras (microorganismos) tenemos una fuente inagotable de pigmentos circularmente sostenibles cumpliendo esto con las directivas existentes y futuras.



## 6. Impacto empresarial

A partir de este proyecto se están realizando tres TFM (Trabajos final de Máster Universitario en Ingeniería Textil) desarrollando parte de las líneas 2 y 3 de este proyecto.

Se ha realizado un evento de difusión en, Innovation for Bringing Creativity to Activate Traditional Sectors in MED area. EXCHANGE COOPERATION SEMINAR: GOOD PRACTICES & TECHNOLOGIES FOR BOOSTING CREATIVITY IN TRADITIONAL SECTORS. En Amman, Jordania el 20 de septiembre de 2023

Después de haber identificado los mercados potenciales de nuestro proyecto se han identificado empresas donde tengan cabida los desarrollos del proyecto entre ellas se han contactado y se han puesto en marcha varios proyectos con distintas empresas textiles tanto dentro de la comunidad valenciana como de fuera.

Proyectos relacionados:

- T-NEXTGEN - A NEW RANGE OF BIO-BASED TEXTILES FOR THE NEXT GENERATION OF SUSTAINABLE GARMENTS AND CIRCULAR CONSUMPTION MARKETS (propuesta EU; HORIZON-CL6-2023-CircBio-02-2-two-stage)
- INVESTIGACIÓN DE LA VALORIZACIÓN DE PDCs FUNCIONALIZANDO TEXTILES RECICLADOS (proyecto IVACE PIDCOP-CV) -
- EUROPEAN INNOVATION COUNCIL AND SMES EXECUTIVE AGENCY (EISMEA) Project 101083731 — REGIOGREENTEX-

Se ha realizado un proyecto de facturación directa con una empresa textil interesada en aumentar la solidez a la luz de las tinturas naturales. También han mostrado interés varias empresas contactadas entre ellas empresas del sector de tratamiento de desechos y otras empresas de la comunidad valenciana dedicadas al textil hogar y moda.