



# **Tintes del mar: teñidos naturales con algas marinas en Uruguay**

**Trabajo final de grado**

**Licenciatura en Diseño Industrial**

**Perfil Textil-Indumentaria**

**Autoras: Mariana Álvarez y Bérénice Bodeant**

**Tutora: D.I. Ángela Rubino**

**Montevideo, diciembre 2022**

# Resumen

Motivadas por la problemática existente en torno a la contaminación ambiental causada por los procesos de teñido de las fibras vegetales y celulósicas, así como los acabados textiles, consideramos imprescindible desde nuestro rol como estudiantes de Diseño Industrial Textil y futuras profesionales, ser cada vez más conscientes de estas problemáticas y mantener una posición activa e integradora sobre la sostenibilidad y el diseño.

En el marco del trabajo de grado de la Licenciatura de Diseño Industrial-Textil, decidimos realizar una investigación de carácter exploratorio acerca de la posibilidad de utilizar algas marinas presentes en las costas de Rocha. Observamos la oportunidad de investigar su propiedad tintórea aplicada al bambú, ya que su potencial no ha sido explotado en Uruguay en cuanto a propiedades, beneficios, usos y funciones.

La fibra de bambú fue elegida como soporte para experimentar los procesos de tinción, debido a que actualmente se considera un tejido ecológicamente amigable con bajo efecto ambiental, conservando la biodegradabilidad de sus componentes naturales (Barrera, 2021).

Durante la experimentación se llevaron a cabo distintos procedimientos aplicando técnicas instrumentales variadas, las cuales nos permitieron concluir que es posible, a partir de las cepas de alga *Grateloupia turuturu* y *Ulva* spp., desarrollar teñidos naturales aplicables a la fibra de bambú.

# Índice

Introducción .....	10
Objetivos .....	11
Objetivo general .....	11
Objetivos específicos .....	11
Hipótesis .....	12
Motivación y justificación del tema .....	13
Capítulo 1. Marco teórico .....	16
1.1 Reseña histórica de los colorantes .....	16
1.2 Tintes y pigmentos .....	18
1.2.1 Colorantes naturales .....	20
1.2.2 Colorantes sintéticos .....	20
1.3 Clasificación de colorantes naturales .....	21
1.3.1 Clasificación según origen .....	21
1.3.2 Clasificación según estructura química .....	22
1.4 Tintes a partir de macroalgas .....	26
1.4.1 Especies seleccionadas .....	32
1.4.2 Oxidación .....	34

1.5 Extracción de pigmentos con fines tintóreos.....	35
1.6 Procesos de teñido .....	36
1.7 Ventajas y desventajas de los colorantes naturales .....	40
1.7.1 Ventajas .....	40
1.7.2 Desventajas.....	41
1.8 Mordientes y modificadores de color .....	42
1.8.1 Mordientes .....	42
1.8.2 Modificadores de color o auxiliares de teñido .....	47
1.9 Antecedentes .....	48
1.9.1 Antecedentes internacionales.....	48
1.9.2 Antecedentes nacionales.....	53
Capítulo 2: Metodología de la investigación .....	59
Capítulo 3: Experimentación.....	61
3.1 Materiales utilizados .....	62
3.2 Procedimientos .....	65
3.2.1 Procedimiento de mordentado .....	65
3.2.2 Extracción de colorantes naturales a partir de las macroalgas.....	65
3.2.3 Procedimiento de extracción del pigmento con calor .....	66
3.2.4. Análisis del tinte obtenido.....	67

3.2.5. Teñido de bambú con los colorantes obtenidos a partir de las macroalgas.....	68
3.2.6 Coordenadas CIELAB.....	71
3.2.7 Solidez del color.....	72
3.3 Fundamentación del textil empleado .....	76
3.4 Fundamentación de las técnicas empleadas .....	78
3.4.1 Fundamentación de la técnica empleada para el análisis del colorante obtenido.	78
3.4.2. Fundamentación de la técnica empleada para la caracterización de las muestras teñidas .....	79
3.4.3. Fundamentación de la técnica empleada para los ensayos de solidez.....	80
3.5 Resultados .....	82
3.5.1. Análisis de la concentración del colorante.....	82
3.5.2. Coordenadas cromáticas y diferencias de color .....	89
3.5.4 Pruebas de solidez .....	95
3.5.5 Paleta sugerida .....	99
Conclusiones .....	101
Glosario .....	104
Referencias bibliográficas .....	111
Anexo 1. Imágenes de instrumentos y procesos .....	122
Anexo 2. Antecedentes.....	124

Antecedentes internacionales .....	124
Antecedentes nacionales .....	127
Anexo 3. Entrevista con experta en algas.....	129
Anexo 4. Valoración de ensayos de solidez .....	135
Anexo 5. Fichas técnicas.....	142
Anexo 6. Experimentación con teñidos.....	158

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> A - Colorantes flavonoides .....	24
<b>Tabla 2.</b> B - Colorantes carotenoides.....	24
<b>Tabla 3.</b> C - Colorantes quinona.....	25
<b>Tabla 4.</b> Grupos morfofuncionales de algas .....	30
<b>Tabla 5.</b> Mordientes según el origen .....	43
<b>Tabla 6.</b> Cepas de algas empleadas y método de extracción.....	82
<b>Tabla 7.</b> Niveles de absorbancia en solvente acetona .....	86
<b>Tabla 8.</b> Niveles de absorbancia en solvente etanol .....	87
<b>Tabla 9.</b> Muestra 1 - <i>Grateloupia turuturu</i> y solvente acetona.....	88
<b>Tabla 10.</b> Muestra 2 - <i>Grateloupia turuturu</i> y solvente etanol .....	88
<b>Tabla 11.</b> Muestra 3 - <i>Ulva</i> spp. y solvente acetona .....	88
<b>Tabla 12.</b> Muestra 4 - <i>Ulva</i> spp. y solvente etanol .....	89

<b>Tabla 13.</b> Coordenadas cromáticas de las muestras en frío a partir de macroalgas .....	90
<b>Tabla 14.</b> Coordenadas cromáticas de las muestras teñidas con calor a partir de macroalgas ..	90
<b>Tabla 15.</b> Diferencia de color entre muestras teñidas en frío y las teñidas con calor .....	90
<b>Tabla 16.</b> Coordenadas cromáticas, muestras teñidas con colorantes naturales y ácido cítrico en frío.....	91
<b>Tabla 17.</b> Coordenadas cromáticas, muestras teñidas con colorantes naturales y ácido cítrico con calor .....	91
<b>Tabla 18.</b> Diferencia de color entre muestras teñidas con ácido cítrico en frío y las teñidas con calor .....	92
<b>Tabla 19.</b> Coordenadas cromáticas, muestras teñidas con colorantes naturales y sulfato ferroso en frío.....	93
<b>Tabla 20.</b> Coordenadas cromáticas, muestras teñidas con colorantes naturales y sulfato ferroso con calor.....	93
<b>Tabla 21.</b> Diferencia de color entre muestras teñidas con sulfato ferroso en frío y las teñidas con calor .....	94
<b>Tabla 22.</b> Rendimiento de los pigmentos a las pruebas de solidez efectuadas .....	95

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> <i>Grateloupia turuturu</i> y <i>Ulva spp.</i> .....	12
<b>Figura 2.</b> Estructuras químicas de indigoides (arriba) y betalaína (abajo). .....	23
<b>Figura 3.</b> Ejemplo de colorantes flavonoides: antocianina .....	24

<b>Figura 4.</b> Estructura química genérica de los polienos: B-carotenoides (izquierda) y xantofilas: luteína (derecha).....	25
<b>Figura 5.</b> Ejemplo de estructura químicas de naftoquinona: alkanina.....	25
<b>Figura 6.</b> Carnoso corticado - <i>Cryptopleura ramosa</i> .....	29
<b>Figura 7.</b> Robusta - <i>Codium simulans</i> .....	29
<b>Figura 8.</b> Carnoso corticado - <i>Grateloupia turuturu</i> .....	29
<b>Figura 9.</b> Calcácea articulada - <i>Jania rubens</i> .....	29
<b>Figura 10.</b> Filamentosa - <i>Polysiphonia</i> sp. 1 .....	29
<b>Figura 11.</b> Foliláceas - <i>Ulva</i> spp.....	29
<b>Figura 12.</b> Estructura química de la clorofila .....	33
<b>Figura 13.</b> Estructura química del carotenoide .....	34
<b>Figura 14.</b> Curva de teñido.....	71
<b>Figura 15.</b> Espectro de color verde - cepa <i>Ulva</i> spp. en solvente acetona.....	83
<b>Figura 16.</b> Espectro de color verde - cepa <i>Ulva</i> spp. en solvente etanol .....	84
<b>Figura 17.</b> Espectro de color naranja - cepa <i>Grateloupia turuturu</i> , en solvente acetona.....	85
<b>Figura 18.</b> Espectro de color naranja - cepa <i>Grateloupia turuturu</i> , en solvente etanol .....	86
<b>Figura 19.</b> Pigmentos extraídos. Etanol (arriba), acetona (abajo).....	89
<b>Figura 20.</b> Prueba de solidez al frote en húmedo. <i>Ulva</i> spp., teñido en frío y ácido cítrico (izquierda) y <i>Grateloupia turuturu</i> , teñido en frío y sulfato ferroso (derecha).....	96
<b>Figura 21.</b> Prueba de solidez al frote en seco. <i>Ulva</i> spp., teñido en frío y ácido cítrico (izquierda) y <i>Grateloupia turuturu</i> , teñido en frío y sulfato ferroso (izquierda) .....	97
<b>Figura 22.</b> Prueba de solidez frente al lavado - sangrado, textil crudo .....	98

<b>Figura 23.</b> Prueba de solidez frente al lavado - decoloración. <i>Grateloupia turuturu</i> , teñido en frío y ácido cítrico (izquierda) y <i>Ulva</i> spp., teñido en frío y ácido cítrico (derecha) .....	98
<b>Figura 24.</b> Prueba de solidez frente a la luz. <i>Ulva</i> spp., teñido en frío (izquierda) y <i>Grateloupia turuturu</i> , teñido con calor y sulfato ferroso (derecha).....	99
<b>Figura 25.</b> Paleta de color .....	100
<b>Figura 26.</b> Partes de un Espectrofotómetro UV-Visible .....	122
<b>Figura 27.</b> Espectrofotómetro .....	123
<b>Figura 28.</b> Celda con pigmento <i>Ulva</i> spp.....	123
<b>Figura 29.</b> Celda con etanol .....	123
<b>Figura 30.</b> Celda con etanol y pigmento de alga <i>Ulva</i> spp. ....	123
<b>Figura 31.</b> Textil impreso con algas .....	124
<b>Figura 32.</b> Camiseta de plantas y algas con el paso del tiempo .....	126
<b>Figura 33.</b> Ecoprint, cepa <i>Ulva</i> spp.....	159
<b>Figura 34.</b> Sumergido con reserva y manchado, cepa <i>Ulva</i> spp .....	160
<b>Figura 35.</b> Sumergido con reserva, cepa <i>Ulva</i> spp .....	161
<b>Figura 36.</b> Ecoprint cepa <i>Grateloupia turuturu</i> .....	162
<b>Figura 37.</b> Sumergido con reserva, cepa <i>Ulva</i> spp .....	163
<b>Figura 38.</b> Sumergido con reserva utilizando elementos, cepa <i>Ulva</i> spp.....	164
<b>Figura 39.</b> Ecoprint y salpicado, cepas <i>Grateloupia turuturu</i> y <i>Ulva</i> spp.....	165
<b>Figura 40.</b> Sumergido con reserva, cepas <i>Grateloupia turuturu</i> y <i>Ulva</i> spp .....	166
<b>Figura 41.</b> Degradé por suspensión, cepa <i>Ulva</i> spp .....	167
<b>Figura 42.</b> Sumergido con reserva utilizando elementos, cepa <i>Ulva</i> spp .....	168

# Introducción

En la actualidad las algas marinas son utilizadas en múltiples disciplinas, en la agricultura y en las industrias alimentaria, cosmética, farmacéutica y textil. Se pueden obtener pigmentos naturales utilizables en la tinción de textiles vegetales como el bambú, y brindar una alternativa a los colorantes reactivos y directos empleados en este tipo de fibras.

La contaminación en los procesos de teñido de las fibras vegetales y celulósicas es el punto más crítico en los procesos textiles a nivel ambiental. No solo porque consumen grandes cantidades de agua, sino por la descarga de efluentes; estos tintes utilizados no son necesariamente tóxicos, pero al impedir que la luz solar llegue al fondo del mar, arriesgan la existencia de su flora y fauna. A su vez las descargas de sales de sodio empleadas en este tipo de colorantes generan un gran problema ambiental, debido a que los componentes salinos que no se adhieren a la fibra (estos no van en su totalidad al textil teñido) son descargados en los baños residuales y constituyen el efluente textil (Molina, F. ,2019).

En virtud de estas consideraciones, el presente trabajo propone indagar la posibilidad de generar tintes naturales a partir de algas marinas existentes en las costas del departamento de Rocha. Se enfoca en estudiar la extracción del pigmento tintóreo a partir de las algas *Grateloupia turuturu* y *Ulva spp.*, así como su posterior uso en el proceso de tinción artesanal, utilizando materiales biodegradables y no tóxicos, logrando como resultado un muestrario de teñidos aplicados a la fibra de bambú.

Los tintes resultantes son propuestos como alternativa ya que son en mayor medida biodegradables, ecológicos y extraídos de un recurso natural renovable.

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

- Generar alternativas sustentables a los tintes existentes, a partir del uso de macroalgas marinas presentes en las costas de Rocha.

### **Objetivos específicos**

- *Objetivo específico 1:* Explorar diferentes formas de generar tintes a partir de macroalgas marinas.
- *Objetivo específico 2:* Explorar el comportamiento del teñido al aplicarlo en la fibra de bambú.
- *Objetivo específico 3:* Generar un muestrario con pruebas de teñido con los pigmentos resultantes.
- *Objetivo específico 4:* Sugerir una paleta de colores a partir del muestrario.



**Figura 1.** *Grateloupia turuturu* y *Ulva spp.*

Fuente: Elaboración propia.

## **Hipótesis**

El teñido con tintes naturales a partir de colorantes extraídos de macroalgas marinas disponibles en la costa de Rocha es factible en los procesos de tinción textil aplicado a la fibra de bambú, y hace sostenibles y respetuosos con el ambiente tanto al proceso como a su resultado.

## **Motivación y justificación del tema**

A lo largo de la carrera descubrimos, exploramos e investigamos distintas técnicas de intervención textil desde una mirada de sustentabilidad y optimización de los recursos locales. Consideramos que es pertinente y un deber ético como futuras profesionales aportar de alguna manera a las nuevas prácticas de diseño.

Motivadas por esta línea de pensamiento, decidimos desarrollar teñidos naturales a partir de un recurso local y poco explotado en nuestro país, como son las algas marinas de las costas de Rocha (Cerro Verde-La Coronilla-Cerro Rivero, Punta del Diablo; El Cabito-La Paloma). Existe una gran riqueza de especies (rodofitas, clorofitas y ocrofitas), las cuales tienen un enorme potencial que hasta el momento solamente es explotado por los sectores gastronómico y cosmético.

Las macroalgas marinas son plantas que se encuentran fijadas a sustratos del ambiente marino por medio de diversas estructuras de adhesión y raras veces viven en condiciones flotantes. En las costas uruguayas existe lo que se denomina resaca de algas en la arena, fenómeno que consiste en que las algas son arrastradas por la marea y luego quedan estancadas. La resaca puede encontrarse casi todos los días en las orillas de muchas playas y es recogida en los meses de verano por los municipios a través de sus direcciones de Higiene y Servicios, debido a que no resulta atractiva desde el punto de vista turístico (La Colonia Digital, 2020). Esto constituye una oportunidad para la extracción de pigmento y la posterior elaboración del teñido. En este contexto, surge la revalorización de un material que es considerado un desecho, convirtiéndose en un nuevo recurso para quienes realicen sus productos con teñidos a partir de tintes naturales.

La poca legislación existente sobre la explotación de los recursos hídricos repercute de manera negativa en diversos ámbitos socioambientales. Comprende desde los recursos que se toman de la naturaleza y cómo vuelven a ella hasta a las personas involucradas en procesos donde sus derechos se ven vulnerados. Esta consecuencia traza un paralelismo con lo que sucede en la industria de la moda, la cual está vinculada a la degradación medioambiental a lo largo de toda su cadena de producción, distribución, uso y desuso.

Somos conscientes de que este modelo vulnerador como forma de trabajo habitual en la industria requiere de un análisis crítico y reflexivo por parte de los consumidores y los profesionales del área, por esto nos cuestionamos si es posible diseñar de forma más segura para el medioambiente y para las personas simultáneamente. Tal como expresan McDonough y Braungart,

¿Qué pasaría si los humanos diseñamos productos y sistemas que celebran la abundancia de la creatividad, la cultura y productividades humanas, que fueran tan inteligentes y seguros que nuestra especie dejará una huella ecológica para el disfrute, y no para la contaminación? (2005, p. 13).

Consideramos que el desarrollo de los teñidos a partir de este recurso natural y renovable contribuiría en gran medida a este cambio, pues al no utilizar tintes y mordientes tóxicos se tendría como resultado efluentes más limpios y seguros para todo el ecosistema y para las personas.

Desarrollar nuevas herramientas mediante procedimientos que toman recursos locales en menor escala, de forma controlada y con resultados únicos (que escapen de patrones

estandarizados y replicados), contribuye a la revalorización de las técnicas de teñido artesanal, manteniendo vivo el conocimiento.

# Capítulo 1. Marco teórico

## 1.1 Reseña histórica de los colorantes

Los primeros registros de la aplicación de tierras coloreadas datan del paleolítico inferior (350.000 a. C.), cuando se empleaban las tierras de color rojo con el fin de ornamentar el cuerpo. También se usaban para curtidos de pieles, farmacopea y conservación de alimentos. Se cree que la antigüedad de los colorantes es similar a la de los pigmentos minerales, pero no es posible asegurar esto, debido a la fragilidad de los textiles y a la ausencia de vestigios de ellos.

Se han encontrado teñidos al pastel en Provenza, que se estima tienen su origen en el neolítico, cerca del año 6000 a. C. Se hallaron tejidos de algodón teñidos con rubia en el Valle Indo, datados en 2500-1500 a. C., y luego en Creta, datados alrededor de 1600 a. C., se identificaron asentamientos que realizaban sus teñidos con púrpura múrce. “El clima del Mediterráneo oriental y en particular de Egipto, ha demostrado ser particularmente propicio para la conservación de los tejidos” (Delamare y Guineau, 2000, p. 19).

En la Edad Media, la industria textil se hallaba en pleno auge y se convirtió rápidamente en el motor de la economía. Esto se vio reflejado en el perfeccionamiento de los procesos de tintura de los tejidos. Los textiles coloreados, que en su momento fueron importados del antiguo Oriente, se comenzaron a fabricar localmente. Conjuntamente con el aumento de la demanda, se propició la exploración de nuevos materiales y el enriquecimiento de la paleta de colores existente (Delamare y Guineau, 2000, pp. 39-41).

El uso de los tonos vivos era un atributo de los ricos, pues los colorantes y mordientes de buena calidad eran en su mayoría importados. Gracias a la rubia, el rojo vivo de gran teñido pasó a estar también al alcance de las masas populares. A fines del siglo XII, se descubrió por fin cómo obtener con el glasto tonos azules lo bastante vivos como para seducir a la clientela pudiente y aristocrática. Los tintoreros que lo utilizaron para teñir lana y seda lograban un color de gran teñido y muy estable a la luz (Delamare y Guineau, 2000, pp. 46-47). A partir de ese momento, Dufay, Hellot y Macquer se encargaron de perfeccionar ininterrumpidamente el arte del teñido, pero Francia comenzó a importar índigo durante el bloqueo continental en 1806, utilizado para teñir los uniformes de los soldados de la armada, por lo tanto, Napoleón ordenó el renacimiento de las plantaciones de glasto en todo el territorio (Delamare y Guineau, 2000, pp. 86, 92).

Durante el primer tercio del siglo XIX fueron muchos los químicos que se esforzaron en extraer los principios colorantes de las plantas tintóreas de aplicación industrial al fin de identificarlas, Michel Eugène Chevreul es uno de los primeros y más hábiles en esta tarea. Se interesa particularmente en la gualda y en las maderas tintóreas, como la del camwood (*Baphia nitida*), campeche, fustete, quercitrón y otras. (Delamare y Guineau, 2000, p. 98)

En 1856 se produjo un gran avance para los tintes sintéticos cuando el inglés William Henry Perkin, durante un ensayo de síntesis de quinina (buscando un tratamiento para la malaria más económico y eficaz), oxidó sulfato de anilina con bicromato potásico y ácido sulfúrico diluido, obteniendo así el primer colorante violeta sintético: la mauveína. “Al poco tiempo, Perkins instaló con la ayuda de su padre y su hermano, una fábrica para producir mauveína o malveína, a la que, en pocos años, siguieron otros colorantes sintéticos, tanto o más exitosos” (Pesok, 2017, p. 69).

Posteriormente, varios químicos, mayormente alemanes, perfeccionaron los colorantes derivados del alquitrán de hulla; luego las empresas de colorantes vegetales cerraron antes de que finalizara el siglo XIX. Los colorantes sintéticos se volvieron más accesibles que los colorantes naturales, ya que poseían propiedades de color iguales o superiores a los colorantes ya existentes (estos eran más costosos y escasos). Sin embargo, esta característica de resistencia de los nuevos colorantes sintéticos los hace también más resistentes a la biodegradación y a los tratamientos para su eliminación de los efluentes, debido a sus estructuras químicas complejas.

Según Villegas y González (2013), en un artículo publicado en la *Revista Legado de Arquitectura y Diseño*, se estima que se producen diez millones de toneladas de colorantes al año, donde los “azo” constituyen el 70%. “Este grupo de colorantes se caracteriza por grupos reactivos que forman enlaces covalentes con grupos hidroxilo, aminas o sulfonatos en las fibras tales (algodón, lana, seda, nylon)” (Villegas y González, 2013, p. 37). Los colorantes “azo” se utilizan en mayor medida para obtener los colores rojo, naranja y amarillo.

## **1.2 Tintes y pigmentos**

Es relevante para la investigación diferenciar los conceptos colorante, tinte y pigmento, teniendo en cuenta sus diferentes aplicaciones en la industria textil. Los tintes y pigmentos pertenecen a la familia de los colorantes, ambos tienen características físicas y químicas diferentes y, por lo tanto, sus usos difieren.

Los colorantes son sustancias orgánicas en general, naturales o de síntesis, transparentes y solubles en el medio dispersante. Están dotadas de color, pero no tienen cuerpo; imparten su

propio color por su inclusión, absorción o enlace químico con el medio que desea colorear.  
(Zalbidea, 2017, p. 2)

La Ecological and Toxicological Association of Dyes and Organic Pigments (ETAD) define los tintes como

Los tintes son sustancias orgánicas intensamente coloreadas o fluorescentes únicamente, que imparten color a un sustrato mediante la absorción selectiva de la luz. Son solubles y/o pasan por un proceso de aplicación que, al menos temporalmente, destruye cualquier estructura cristalina por absorción, disolución y retención mecánica, o por enlaces químicos iónicos o covalentes. (ETAD, s. f.)

Por su parte, los pigmentos son definidos por la Color Pigment Manufacturers Association (CPMA) como

Los pigmentos son sólidos orgánicos o inorgánicos en forma de partículas coloreadas, negras, blancas o fluorescentes que normalmente son insolubles y esencialmente no se ven afectados física y químicamente por el vehículo o sustrato en el que se incorporan. Alteran la apariencia por absorción selectiva y/o por dispersión de la luz. Los pigmentos suelen estar dispersos en vehículos o sustratos para su aplicación, como por ejemplo en la fabricación de tintas, pinturas, plásticos u otros materiales poliméricos. Los pigmentos conservan una estructura cristalina o de partículas durante todo el proceso de coloración. (CPMA, citada en ETAD, s. f.)

## **1.2.1 Colorantes naturales**

Los colorantes se originaron a partir del uso de plantas. Son compuestos coloreados que son solubles en el medio en que se utilizan. A diferencia de los pigmentos, los colorantes penetran profundamente en el material.

Son moléculas orgánicas (de sustrato de carbono) que pueden reaccionar en cantidades muy reducidas: la observación, incluso a un gran aumento, no permite detectarlas. Su uso es probablemente tan antiguo como el de los pigmentos minerales, pero la fragilidad de las fibras textiles nos deja sin testigos materiales. (Delamare y Guineau, 2000, p. 19)

## **1.2.2 Colorantes sintéticos**

Juan Carlos Pesok plantea que, generalmente,

los colorantes sintéticos se obtienen a partir de unidades fundamentales o compuestos primarios que son modificados por la adición de otros grupos químicos. El tipo, la cantidad y la distribución relativa de estos grupos químicos determinan el carácter del compuesto intermediario resultante. (2017, p .69)

Estos compuestos, que actúan como intermediarios, son combinados entre sí, y devienen en la estructura final de la molécula del colorante. Las propiedades que tendrá el colorante dependerán de características como el tamaño y la forma de dicha molécula, la disposición, el tipo y los grupos químicos adicionados.

## 1.3 Clasificación de colorantes naturales

Existen varias clasificaciones para los colorantes según el criterio que se quiera utilizar. A continuación, se describen los más relevantes para esta investigación.

### 1.3.1 Clasificación según origen

Se pueden reconocer dos grandes tipos: por un lado, los colorantes orgánicos, que pueden ser a su vez ser de origen animal o vegetal, y, por otro, los inorgánicos, que son del tipo mineral.

Los colorantes de origen animal se obtienen de insectos y animales marinos, entre los cuales los más conocidos son: el carmín, que se logra a partir del ácido carmínico extraído de la cochinilla, aunque su nombre original se lo debe al insecto *Dactylopius coccus*, originario de las zonas de México y Ecuador; la púrpura, que proviene de una secreción de moluscos marinos del género murex; el kermes, colorante rojo extraído de un insecto que se encuentra en América y también en Europa; y la sepia, que se obtiene de la materia colorante de la bolsa de tinta de la sepia.

En esta clasificación también se encuentra el colorante dibromo índigo, que es extraído de un molusco caracol. Antiguamente se conocía a este color como el color imperial, debido a su alto costo.

En cuanto a los colorantes de origen vegetal, la mayoría de los pigmentos de origen natural son extraídos de vegetales, donde no existe una correspondencia necesariamente entre el color de la planta y el color que se obtiene. Por el contrario, se puede encontrar distintos pigmentos en tallo u hoja de una misma planta, debido a los procesos fisiológicos que ocurren en ella. Sin

embargo, no todos los vegetales sirven para ser utilizados como colorantes, porque su extracción puede ser en algunos casos más difícil y, por lo tanto, más costosa.

En lo que refiere a los colorantes de origen mineral, estos se pueden extraer de forma natural o bien mediante procesos químicos industriales que, generalmente, se usan en la industria textil. Sin embargo, se ha reducido su uso por ser tóxicos tanto para los trabajadores como para las plantas fabricantes (Martínez Ayala, s. f.).

Pueden ser naturales y generalmente se extraen de minerales como óxido o un sulfuro de uno o más metales de transición, o bien inorgánicos con origen artificial, donde los minerales son transformados mediante procesos alquímicos tradicionalmente no industriales (Zalbidea, 2017).

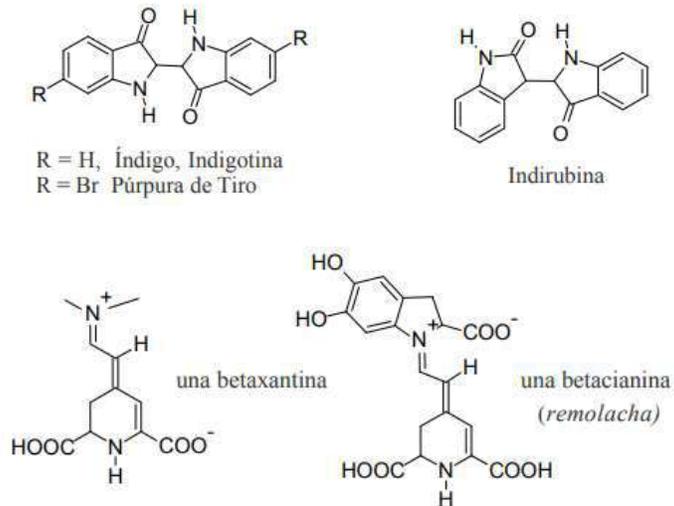
Hoy en día no se utilizan de la forma en que se hacía en la Antigüedad, sino que se aprovechan sus propiedades. El más empleado es el dióxido de titanio, en apariencia es un polvo blanco, denso e inoloro.

### **1.3.2 Clasificación según estructura química**

El hecho de que una molécula biológica esté o no coloreada viene determinado por su estructura, y de acuerdo con sus afinidades estructurales, se han clasificado los colorantes orgánicos en seis grandes grupos. (Roquero, 1995, p. 148)

Las características estructurales de los colorantes establecen su actuación como tintes, por lo que se requiere específicamente un procedimiento para cada grupo (o grupos) y, en la práctica, se llevan a cabo de la siguiente forma: “tintes con mordiente, carotenoides, flavonoides, antocianinas y quinonas; tintes con tinta, proceso de reducción- oxidación), indigoides; tintes por fotooxidación y por combinación con sales de hierro, taninos” (Roquero, 1995, p. 148).

Los flavonoides son el grupo más amplio dentro de los colorantes naturales (ocupan el 50% de estos), pero tienen una resistencia moderada a la luz. Dentro de estos subgrupos, los indigoides y derivados son los colorantes naturales que poseen más solidez a la luz y se fijan más fácilmente sobre cualquier tipo de fibra.



**Figura 2.** Estructuras químicas de indigoides (arriba) y betalaína (abajo).

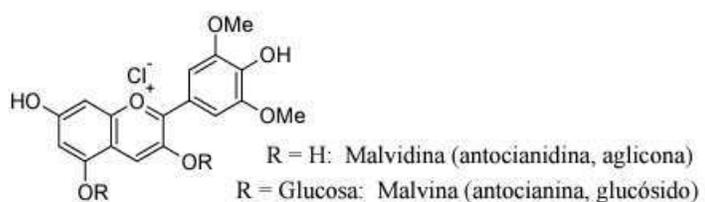
Fuente: Marcano, 2018, pp. 173 y 168.

Según la clasificación incluida en el capítulo sobre colorantes naturales del artículo de Yoshiko (1996), se detallan de la A a la C los colorantes flavonoides, carotenoides y colorantes quinona (mediante tablas), y en los ítems de la D a la J se describen los correspondientes a los demás colorantes.

Grupo	Color	Procedencia
Flavonol	Amarillo	Bidens
Flavanona	Crema y amarillo	Perejil
Calcona	Rojo y amarillo	Cártamo
Antocianina	Rojo y violeta	Tinantia

**Tabla 1. A** - Colorantes flavonoides

Fuente: Yoshiko, 1996, p. 58.



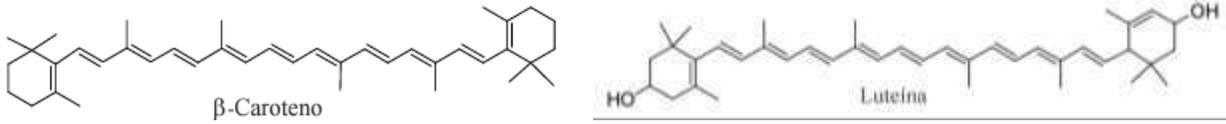
**Figura 3.** Ejemplo de colorantes flavonoides: antocianina

Fuente: Marcano, 2018, p. 141.

Grupo	Color	Procedencia
Caroteno	Naranja	Zanahoria
Xantofila	Amarillo	Achiote

**Tabla 2. B** - Colorantes carotenoides

Fuente: Yoshiko, 1996, p. 58.



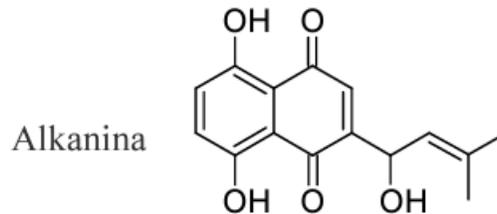
**Figura 4.** Estructura química genérica de los polienos: B-carotenoides (izquierda) y xantofilas: luteína (derecha)

Fuente: Marcano, 2018, pp. 152 y 166

Grupo	Color	Procedencia
Antraquinona	Rojo	Rubia Cochinilla
Naftoquinona	Violeta	Henna

**Tabla 3.** C - Colorantes quinona

Fuente: Yoshiko, 1996.



**Figura 5.** Ejemplo de estructura químicas de naftoquinona: alkanina

Fuente: Marcano, 2018, pp. 152 y 171

- **D - derivados de indol:** color azul proveniente del añil.
- **E - derivados de delfinidina:** color azul proveniente de la hierba de pollo.
- **F - derivados de dihidropirano:** color rojo y violeta proveniente del palo de Brasil.
- **G - grupo betalaina:** color rojo proveniente del betabel.
- **H - grupo xantononas:** color amarillo proveniente de algunos líquenes.

- I - grupo tanino-pirogallo y catecol: color café proveniente del castaño.
- J - grupo clorofila: color verde proveniente de plantas verdes.

## 1.4 Tintes a partir de macroalgas

Las macroalgas marinas son un grupo de algas marinas pluricelulares y macroscópicas caracterizadas por poseer un cuerpo vegetativo indiferenciado (incluidas en el grupo de los talófitos). Viven fijas al sustrato, al menos mientras transcurre alguna etapa de su ciclo de vida, y habitan la zona fótica de los sistemas costeros. Son organismos autótrofos que mediante sus pigmentos llevan a cabo la fotosíntesis, pudiendo vivir y adaptarse en diferentes profundidades. Se pueden clasificar en tres grandes grupos, “en función del color que les confieren sus pigmentos se clasifican en tres grandes grupos: algas pardas (*Phaeophyceae*), algas rojas (*Rhodophyceae*), y algas verdes (*Chlorophyceae*)” (Tasenade y Peteiro, 2015, p. 116).

Los pigmentos predominantes de las clorofitas son *chl a* y *chl b*; los de las rodofitas, *chl a* y *ficobilina*; mientras que en las feotitas están presentes la *fucoxantina* y *chl c 6,7*. La diferencia entre los diversos pigmentos de las algas radica en la adaptación ambiental necesaria para realizar de manera óptima la captura de luz durante el proceso de fotosíntesis. Hay tres tipos de pigmentos de macroalgas: clorofila, carotenoide y ficobilina. La clorofila y los carotenoides son pigmentos no solubles en agua, mientras que la ficobilina es un grupo de proteínas que se disuelve en agua (Haryatfrehni *et al.*, 2015, p. 374).

Existen diversas investigaciones científicas en torno a las industrias alimentaria y farmacéutica que verifican los beneficios que estos pigmentos tienen para los seres humanos. A su vez, hay una tendencia mundial que contribuye al aumento de la demanda de productos

naturales a nivel industrial, por lo que los fabricantes se han orientado a producir tintes naturales como la clorofila y algunos carotenoides para reemplazar los tintes sintéticos, que es sabido tienen un efecto cancerígeno (Haryatfrehni *et al.*, 2015, p. 375).

En Uruguay conviven más de cien especies de macroalgas marinas, que se localizan mayormente sobre las rocas de las costas, principalmente la atlántica. Estas algas son vitales para el funcionamiento de los sistemas costeros, ya que suministran alimento y refugio a muchos animales y modulan los ciclos de los nutrientes (Macroalgas Marinas de Uruguay, 2020).

González Etchebehere (2017) realizó el más reciente relevamiento de algas presentes en las costas uruguayas y logró identificar un total de 36 taxones que comprenden 27 géneros. Para el complejo *Ulva spp.* se identificaron dos morfotipos distintos (morfotipo tubular y morfotipo laminar). Se observó que la especie rodofitas se encuentran en abundancia, seguida por clorofitas y un limitado número de ocrofitas, para todos los lugares y en todas las estaciones del año. A su vez, dentro de las rodofitas (22 especies, 16 géneros), las especies más habituales fueron *Jania rubens*, *Cryptopleura ramosa* y *Polysiphonia sp. 1*, halladas en su mayoría durante los meses de verano. Entre las clorofitas (11 especies, seis géneros), el complejo *Ulva spp.* morfotipo laminar y *Cladophora sp. 1* fueron las que predominaron. Las ocrofitas fueron el grupo más irregular, con menor presencia (4 especies) y la más frecuente fue *Myriogloea major*.

Se hallaron nuevos registros para nuestro país donde los taxones identificados corresponden a las especies *Dasya sp. 1* y *Grateloupia turuturu* (exótica). Los muestreos se desarrollaron en El Cabito-La Paloma y Cerro Rivero-Punta del Diablo-, durante los meses de verano e invierno. En verano se encontró una mayor riqueza de especies comparada con las encontradas en invierno (González Etchebehere, 2017, p. 23).

El sistema de clasificación que se presenta en esta investigación es utilizado para catalogar el gran número de especies existentes en la comunidad de macroalgas y organiza las especies según sus rasgos funcionales y preferencias ambientales comunes. Este sistema de clasificación resulta útil, ya que su aplicación no depende de un estudio taxonómico detallado. A continuación, se presentarán las fotos representativas y las especies de taxones que se encuentran en mayor abundancia en las costas uruguayas. Dichas especies serán catalogadas según sus grupos morfofuncionales (González Etchebehere, 2017, p. 31).



**Figura 6.** Carnoso corticado - *Cryptopleura ramosa*

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 7.** Robusta - *Codium simulans*

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 8.** Carnoso corticado - *Grateloupia turuturu*

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 9.** Calcácea articulada - *Jania rubens*

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 10.** Filamentosa - *Polysiphonia* sp. 1

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 11.** Foliláceas - *Ulva* spp.

Fuente: Elaboración propia.

Nombre	Descripción	Tamaño	Ejemplo de taxón	Figura
Carnoso corticado	Talo cueroso con textura gelatinosa	3-10 cm	<i>Cryptopleura ramosa</i>	6
Robusta	Talo cilíndrico, compacto, aspecto esponjoso, puede ser erecto o postrado	5-25 cm	<i>Codium decorticatum</i>	7
Carnoso corticado	Talo cueroso con textura gelatinosa	3-10 cm	<i>Grateloupia turuturu</i>	8
Calcárea articulada	Talo calcáreo de CaCO <sub>3</sub> duro con articulaciones	1-7 cm	<i>Jania rubens</i>	9
Filamentosa	Talo fino y laxo con o sin ramificaciones	2-12 cm	<i>Polysiphonia</i> sp. 1	10
Foliáceas	Talo fino y flexible con aspecto similar a hoja	5-50 cm	<i>Ulva</i> spp.	11

**Tabla 4.** Grupos morfofuncionales de algas

Fuente: González Etchebehere, 2017, p. 32.

Actualmente el hábitat y las especies de Cerro Verde e Islas de La Coronilla han pasado a ser un área nacional protegida por el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP). Esto significa que estas áreas son territorios con personas que están viviendo, produciendo y usufructuando dichos espacios de manera especialmente cuidadosa, con el fin de contribuir a la conservación de los valores naturales y culturales.

Esta protección se ha transformado en una herramienta fundamental para conciliar el cuidado del ambiente, en particular de la diversidad de paisajes, ecosistemas, especies y elementos culturales. “Uruguay hoy tiene menos del 1% de áreas protegidas a nivel marino y, a nivel internacional, se plantean metas ambiciosas de superficies marinas de 30% a nivel global” (Ministerio de Ambiente, 2021).

El desarrollo urbano y el turismo frecuente en las costas uruguayas llevan a la degradación del hábitat de las macroalgas, deviniendo en contaminación y disminuyendo la riqueza, así como

la abundancia de las especies a través de la modificación y disponibilidad de sustrato. La protección medioambiental es declarada de interés general en nuestro país por el artículo 47 de la Constitución Nacional, que regula diferentes actividades y acciones que se realizan en Uruguay con relación al ambiente (Vida Silvestre, s. f.).

En el ámbito internacional, recientemente (marzo de 2021) la Organización de las Naciones Unidas (ONU) convocó a un Pacto Mundial, que incluye un manifiesto sobre las algas. “Las algas juegan un papel importante en la seguridad alimentaria, la mitigación del cambio climático, el apoyo a la biodiversidad en los ecosistemas marinos y la contribución a la creación de empleo y el alivio de la pobreza” (Pacto Global, 2021).

Dentro de la coalición global generada, se creó la Safe Seaweed Coalition para desarrollar al máximo el potencial de las algas marinas y para dar apoyo a una industria de algas que sea escalable, segura y sostenible, con el fin de tomar acción en necesidades urgentes que atraviesa hoy el mundo, alineadas con los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

En términos de acuicultura, América fue catalogada como el segundo continente luego de África con mayor producción de acuicultura (3.273.376 toneladas y 15.956 millones de dólares), donde principalmente se destaca el cultivo de plantas acuáticas, más precisamente las algas marinas (Sector Marítimo, 2018). Los principales países productores de algas en América son Chile, Argentina, Brasil y Perú, y Chile es el principal exportador. Este país desarrolló en la década de los ochenta del siglo XX un método de cultivo diferente, que constituye la base de la producción comercial del alga *Gracilaria chilensis*, limitándose a áreas mareales y submareales poco profundas que son protegidas (FAO, 2014).

Por lo anteriormente expuesto, se puede concluir que la explotación de macroalgas es un recurso poco estudiado en Uruguay, en relación con lo que sucede en otras partes de América. Esta explotación se puede llevar a cabo de una manera ambientalmente sostenible, siempre que la recolección de las algas para materia prima se realice de manera artesanal, con un bajo impacto sobre el ecosistema marino.

#### **1.4.1 Especies seleccionadas**

Para realizar la presente investigación fueron seleccionadas dos cepas de macroalgas: *Grateloupia turuturu* y *Ulva* spp. En la selección se tuvo en cuenta la variedad de algas presentes en nuestras costas y su abundancia, ya que es necesario que existan continuamente para satisfacer la demanda de pigmentos. Otro criterio utilizado, y no menos importante, fue que el pigmento primario que contiene cada alga fuese relevante como posible tinte textil.

A continuación, se describen ambas cepas de algas.

*Ulva* spp. es una macroalga verde, perteneciente al grupo filogenético clorofita. Su pigmento principal es la clorofila A y B (colorante verde). Es la especie más frecuente en todos los sitios y aparece en todas las épocas del año, su organismo es más resistente que otras especies a las aguas turbulentas. Habita en playas como El Cabito (La Paloma), donde hay menos pozas y el sustrato queda más expuesto; sin embargo, se registra en abundancia. Esto se debe a que tiene una mayor tolerancia a los cambios ambientales del agua (temperatura y salinidad) y se caracteriza por un ciclo de vida corto, de dos a tres meses, que incluye las fases de colonización, desarrollo y crecimiento rápido (González Etchebehere, 2017).

La estructura de la molécula de clorofila tiene dos partes: un anillo de porfirina (sustituida con pequeños grupos enlazados, sustituyentes), cuyo fin es absorber la luz, y una cadena larga llamada fitol, cuya función es mantener la clorofila integrada en la membrana fotosintética.

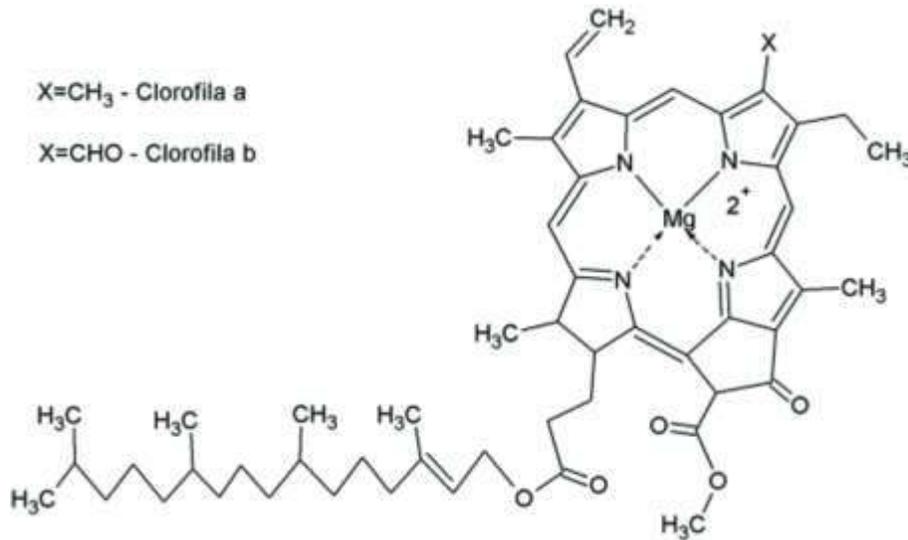


Figura 12. Estructura química de la clorofila

Fuente: López, 2022.

*Grateloupia turuturu* es una macroalga rojiza, exótica e invasora, originaria del océano Pacífico, que fue introducida en las costas atlánticas accidentalmente en la última década. Pertenece al grupo filogenético rodofita y su pigmento principal son los carotenoides (colorante amarillo). Se encuentra una mayor riqueza en los meses de verano (esta estación favorece su reproducción), lo cual está asociado al aumento en la temperatura del agua. Suele dominar en espacios con bajo nivel de disturbio en el mar, como por ejemplo canaletas formadas entre las rocas y pozas mareales (González Etchebehere, 2017).

“Específicamente, los carotenoides son tetraterpenos y están conformados por cuarenta átomos de carbono. Esos átomos forman cadenas conjugadas que pueden terminar en anillos de

carbono, sustituido e insaturado en cada uno de sus extremos” (López, 2022). Su estructura isoprenoide (número variable de dobles enlaces conjugados) es relevante, ya que determina la longitud de onda de luz absorbida por la molécula. Según el tipo de luz absorbida, le otorga un color determinado al vegetal o planta en la que se encuentre.

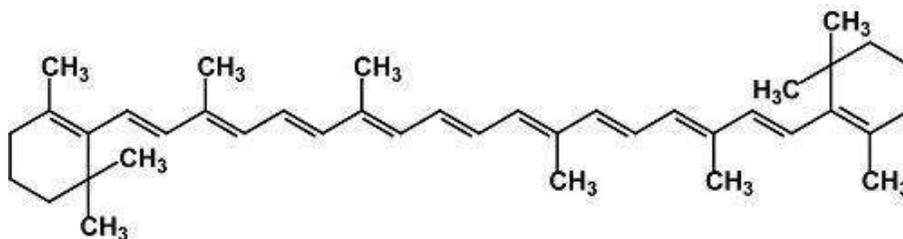


Figura 13. Estructura química del carotenoide

Fuente: López, 2022.

#### 1.4.2 Oxidación

Los pigmentos extraídos de los taxones anteriormente mencionados, en especial *Ulva* spp. muestran reacciones oxidativas de la fracción carotenoide. Según la RAE (2001), *oxidar* viene de *óxido*: “dicho del oxígeno o de otro agente oxidante: Producir óxido al reaccionar con una sustancia”. El proceso de oxidación es entendido como una reacción química que se produce cuando una sustancia entra en contacto con el oxígeno o cualquier otra sustancia oxidante.

Las reacciones oxidativas son manifestaciones de la capacidad antioxidante de estos pigmentos, donde la presencia de gran número de dobles enlaces en su estructura molecular hace que los teñidos obtenidos a partir de los carotenoides sean muy sensibles a la oxidación, especialmente en reacciones de fotooxidación con el oxígeno.

Las reacciones de oxidación dan lugar en todos los casos a la pérdida de color. Generalmente, existe una gran dependencia entre la velocidad de oxidación y el ambiente en el que se encuentran. Los carotenoides son mucho más resistentes a la oxidación en alimentos que en materiales pulverizados y secos o en extractos (Calvo, 2001).

Esto se puede ver como una ventaja desde el punto de vista de la variabilidad del tono del textil, ya que al fabricarse una prenda de dichas características esta cambiará su color. Conforme pase el tiempo, se obtendrá una versión diferente. En concordancia con los procesos biológicos de la naturaleza y el usuario, este puede ir experimentando junto con su textil o prenda la mutación del color.

## **1.5 Extracción de pigmentos con fines tintóreos**

La extracción de pigmentos naturales es un proceso que permite separar e identificar las sustancias químicas que producen las coloraciones en los animales, minerales y vegetales. Se lleva a cabo mediante la solubilidad, que es la capacidad que tiene una sustancia de disolverse en otra.

Los pigmentos pueden ser extraídos utilizando diversos solventes, tales como agua, acetona, alcohol, añadiendo o no sal, ácido o álcali en el baño de extracción, esto dependerá de la naturaleza química de ambas sustancias.

El método artesanal más popular de extracción de pigmentos está basado en la selección de la fuente del color natural y, posteriormente, en la extracción del vegetal de la estructura de la planta, si se desea obtener un color característico. El material es secado y cortado en trozos pequeños, luego molturado. A continuación, se realiza la separación del componente del color

deseado empleando un solvente y se separa la biomasa residual del tinte resultante de la solvencia de ambas sustancias.

Los procesos de extracción de los pigmentos a partir de algas han sido estudiados en múltiples investigaciones científicas, donde los métodos convencionales emplean grandes cantidades de disolventes peligrosos que deben someterse a varios pasos de concentración y limpieza para su eliminación. En la actualidad se investigan varios métodos para brindar solución a este problema:

la extracción con CO<sub>2</sub> supercrítico, (SC- CO<sub>2</sub>) es el método de extracción no convencional más ampliamente estudiado para la recuperación de carotenoides de macroalgas debido a las propiedades no tóxicas del CO<sub>2</sub> que se utiliza como disolvente. Otros métodos, como las condiciones subcríticas de CO<sub>2</sub>, la extracción asistida por microondas (MAE), la extracción asistida por ultrasonidos (UAE) y el electro tecnologías (métodos de extracción asistida por campo eléctrico pulsado y campo eléctrico moderado), también se han utilizado para obtener compuestos puros, pero siguen siendo caros para operar en las industrias. (Marija Cikos *et al.*, 2022)

## **1.6 Procesos de teñido**

Existen varios métodos de teñido y formas para transferir el colorante al baño de tinción. El proceso de teñido es, en realidad, una reacción química compleja, que se produce entre el colorante en dispersión y la fibra sumergida en la solución, y existen tres métodos químicos por los cuales los colorantes pueden ser retenidos por las fibras:

- a. Adsorción física: Esta cuenta que con las mismas fuerzas con las que se atraen los colorantes a las fibras, inicialmente son suficientemente fuertes para retener las moléculas y resistir los tratamientos posteriores al lavado.
- b. Absorción mecánica: Esta consiste en la formación de materiales y pigmentos insolubles libres de la solubilidad química con que fueron difundidos en la fibra.
- c. Reacción en fibra: Aquí las moléculas o iones del colorante no pierden todos sus grupos funcionales solubles después de ser difundidos dentro de la fibra, pero en las condiciones correctas reaccionan y se enganchan por enlaces químicos covalentes a las moléculas largas de la fibra formando nuevas derivaciones del color en las fibras. (Lockuán Lavado. 2012, p. 30)

Respecto a la transferencia del colorante al baño o a la fibra, se encuentran dos métodos diferentes, uno continuo y el otro discontinuo:

- Tintura por agotamiento (sistemas discontinuos): Se dispersa el colorante en el baño del tinte de una manera superficial y los resultados de esta etapa dependen del movimiento del baño y del sustrato. Posteriormente, se sumerge la prenda o tela completamente y se retira en el momento que el colorante se transfirió mayoritariamente a la fibra de una manera homogénea (la difusión del colorante va a depender de la temperatura y tiempo empleado en el proceso). En última instancia, el textil se enjuaga con el fin de eliminar el tinte no fijado.
- Foulardado (sistemas continuos o semicontinuos): Este método se lleva a cabo utilizando herramientas mecánicas específicas: humectación por impregnado y exprimido. El baño de tinte es distribuido de manera uniforme sobre la tela o las

fibras. En una segunda etapa el colorante penetra en la fibra y se fija, y finalmente se procede a lavar el textil.

El teñido puede llevarse a cabo en diferentes instancias de la fabricación del textil, como ser durante la etapa de fibra, hilo o tela. La mejor penetración del colorante se da al teñir la fibra en vez del hilo o el hilo en lugar de la tela.

Al teñir la fibra se realiza en solución antes de hilar el hilo, donde se agregan pigmentos a la solución de la hilatura y al realizar el hilado se va coloreando cada fibra. Por otro lado, el teñido de fibras sueltas se lleva a cabo agregando el tinte a dichas fibras, logrando así buena penetración del colorante. Se pueden obtener jaspeados y la desventaja que presenta es ser costoso. Por último, el teñido en cinta es usado con mayor asiduidad, donde las madejas de lana luego de ser peinadas se enrollan y generan sobre conos unas bobinas que se introducen a un tanque; se bombea el colorante y los resultados son parecidos a la de teñido de fibras (Lockuán Lavado, 2012).

Si se opta por teñir el hilo, se realiza en madejas y este proceso es menos costoso que el mencionado anteriormente, pero si se compara con el de teñido en pieza resulta más costoso. El teñido en pieza es el menos costoso en términos económicos y se obtienen colores lisos. Se puede elegir según los gustos de los consumidores y sus demandas; así como las del mercado en general.

Por su parte, el teñido artesanal es una técnica milenaria. Los antiguos teñidores contaban con un vasto conocimiento al desarrollar el método y, consecuentemente, se lograba obtener colores combinando plantas y minerales. “El color siempre ha sido importante en los textiles [...].

Esos colorantes y pigmentos se obtenían de plantas, insectos y minerales” (Hollen y Saddler, 2001, p. 328).

Para regular la penetración del colorante se utilizan reguladores y aceleradores. Se modifican los colores y sus tonos con sustancias que se denominan entonadores, adicionándolas al baño teñido y modificando así el pH. Algunos ejemplos son la cal, el vinagre (proveniente de frutas fermentadas) y el sodio.

El uso de aguas blandas en los procesos de teñido a nivel industrial es uno de los principales problemas de contaminación en la industria textil. En dichos procesos se establece la relación de baño (R/B), que clarifica la relación entre el peso del material a teñir y el volumen del baño a usar. Por ejemplo, si en una máquina se tiñen 20 kilogramos de tela, la relación de baño es 1/10 y se necesitan 200 litros de baño de tintura. Entonces, a mayor R/B mayor será el volumen de baño requerido. Aumenta así el volumen de agua blanda y se incrementa la cantidad de efluentes como volumen de aguas residuales, lo que deriva en una mayor polución.

La industria textil es la responsable de un 20% de la contaminación de las aguas, “se utilizan 387.000 millones de litros de agua por año” (Biosca, 2016, p. 7). También se debe considerar el incremento de la energía eléctrica o vapor utilizada, que ocasiona consecuencias negativas medioambientales. Desde que James Watt en 1781 inventó la máquina de vapor y sentó las bases del uso masivo de energías fósiles (carbón, luego crudo y gas), la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera no para de crecer, paralelamente al aumento de temperatura del planeta Tierra (Chávez, 2017, p. 25), por lo que la industria textil es la responsable de un 10% de las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera (Biosca, 2016, p. 7).

## 1.7 Ventajas y desventajas de los colorantes naturales

### 1.7.1 Ventajas

Teniendo en cuenta todos los costos ambientales que presenta el uso de colorantes sintéticos, cada vez hay más estudios orientados a la incorporación de los colorantes de origen natural en la industria. Las principales ventajas que presenta el uso de colorantes son las siguientes:

1. No contienen componentes químicos perjudiciales para la salud, por el contrario, hay colorantes sintéticos muy peligrosos para la salud, tanto que son prohibidos en los países con legislación ambiental y de salud pública más avanzados, como los que integran la Comunidad Europea.
2. Son una alternativa a los colorantes basados en el petróleo (industria catalogada como la más contaminante del mundo).
3. Son biodegradables, durante el proceso de tinción el agua puede ser filtrada y reutilizada con facilidad, mientras que al fabricar tintes artificiales se contamina gran cantidad de agua, hasta 8.000 litros por kilo de tinte (Ecotintes, s. f.).
4. Una ventaja ecológica que menciona Moldovan en su investigación (2016) es que la biomasa residual, luego de haber extraído el colorante, puede usarse para generar energía.
5. No es necesario el empleo de mordientes tóxicos como cromo, estaño o cobre; además se utilizan auxiliares naturales o de bajo/nulo impacto medioambiental.
6. El pH necesario para la tintura es neutro frente a las condiciones ácidas o alcalinas empleadas en la tintura con colorantes sintéticos (Moldovan, 2016).

7. Los colorantes clásicos, como cochinilla, índigo y rubia, tienen rendimiento muy alto, así como también es muy alta su resistencia a la luz (Moldovan, 2016).
8. Los colorantes naturales son una fuente de empleo para los trabajadores del sector agrario en países pobres y contribuyen a preservar técnicas artesanales y ancestrales, propiciando la revalorización cultural y local.

### **1.7.2 Desventajas**

1. Las concentraciones de color en la naturaleza, al ser extremadamente bajas, requieren gran cantidad de material para obtener una pequeña cantidad de colorante (Moldovan, 2016).
2. Las aguas residuales de estos procesos también pueden ser tan contaminantes como con los tintes artificiales si se utilizan químicos en la tinción.
3. Puede haber poca uniformidad en los resultados tintóreos, por tratarse de un proceso artesanal, por ser los colorantes extraídos de la misma planta pero en diferente estado biológico o por utilizar diferentes partes de la planta, como pueden ser tallo u hojas.
4. Algunos tintes presentan poca resistencia a la oxidación, a la luz, lavado o frote.
5. La gama de colores obtenida con tintes naturales es más reducida que la obtenida artificialmente, no pudiéndose lograr efectos de color como por ejemplo fluorescentes.
6. En su mayoría, los colorantes naturales solo logran teñir sobre fibras del mismo origen.

## 1.8 Mordientes y modificadores de color

### 1.8.1 Mordientes

El término mordiente proviene del latín *mórdere*, que significa 'morder'. En la antigüedad se creía que estas sustancias mordían la fibra, capturando el color.

Como plantean Martínez *et al.*, "Los mordientes son sales minerales que, agregadas al baño de teñido, realzan, intensifican o modifican el color de la fibra y dan mayores solidez" (2010, p. 11). Debe llevarse a cabo el proceso de mordentado luego de ser lavadas las fibras.

La misión de estos mordientes es servir de enlace entre el colorante y la fibra, permitiendo que las partículas colorantes que poseen las materias tintóreas queden adheridas a las estructuras de las fibras de forma permanente.

Cuando la fibra mordentada se impregna en el baño de tinción, el colorante se difunde en su interior y reacciona con los iones metálicos depositados, formando un complejo insoluble y más resistente a la exposición a la radiación solar.

Otra de sus funciones, según Marrone (2015), es brindar el pH necesario para teñir las fibras, ya que es necesario un pH ácido (de 0-7) y el agua tiene pH neutro (7). Asimismo, inciden en los colores y tonos obtenidos, ya que los intensifican o los hacen más tenues. Aunque no siempre es necesario el mordentado en los teñidos naturales, como es el caso de los tintes sustantivos, la mayoría de los tintes naturales sí necesitan de mordientes para adherirse a las fibras. Estos son llamados tintes adjetivos, que deben ir acompañados de ciertas sustancias para fijar su color en las fibras textiles.

Luciana Marrone, en su libro *Tintes naturales. Técnicas ancestrales en un mundo moderno* (2015), propone que la elección según el origen sea animal, vegetal, mineral u otro está condicionada a la fibra que se vaya a teñir.

Animal	Vegetal	Mineral	Otros mordientes
Calamar	Lengua de vaca	Ácido tartárico	Ácido acético
Cenizas y lejía de	Limón	Dicromato de potasio	Ácido cítrico
Cochinilla	Lique	Bicarbonato de sodio	Ácido fórmico
		Carbonato de sodio	Ácido oxálico
Lengua de Vaca		Cloruro de estaño	Ácido sulfúrico
Pulque y chica (bebida ácida y fermentada)		Cloruro de sodio (sal de mesa)	Clorhidrato de amoníaco (Amoníaco)
Romaza		Hidrosulfito sódico	Limón
Taninos en general		Óxido de calcio (cal)	Orín fermentado
Tara		Alumbre de potasio	Sales de amoniaco
Tinta de pulpo		Sulfato de cobre	
		Sulfato de cromo	
		Sulfato de hierro	
		Sulfato de zinc	

**Tabla 5.** Mordientes según el origen

Fuente: Elaboración propia con base en Marrone (2015).

El mordentado puede realizarse antes, durante o después del teñido y generalmente se lo agrega en agua caliente junto con la fibra, para lo cual existen tres procesos:

- Premordentado: Consiste en introducir la fibra sin teñir en el “baño de mordiente” (es la disolución del mordiente en agua tibia); la fibra debe quedar totalmente cubierta y debe caber de manera holgada en el recipiente. Luego se introduce la fibra agitando de manera constante, para evitar manchas en las fibras y lograr un color lo más uniforme posible. Después del mordentado, se tiñe de 45 minutos a 1 hora.
- Método directo: Es muy antiguo, radica en introducir la fibra (previamente humedecida en agua tibia) directamente en el tinte junto con el mordiente elegido, por lo general cuando está culminando el teñido. Agiliza el proceso de teñido, ya que elimina el paso del mordentado.
- Posmordentado: Luego de teñir las fibras, se colocan en el baño de mordiente con el fin de lograr cambios en la tonalidad del baño de tinte y reforzar la solidez frente al lavado y a la luz. Es muy utilizado para colores secundarios.

Antes del mordentado, se recomienda examinar y cuantificar la cantidad de fibra o producto a teñir en seco, porque los mordientes se eligen dependiendo del tipo de fibra y de su peso.

Asimismo, se sugiere lavar las fibras previamente con agua y jabón, de modo tal que estén libres de impurezas para que el mordentado y el colorante puedan ser retenidos por la fibra.

Al momento del teñido, se deben introducir en agua tibia por un lado las fibras, verificando que estén mojadas completamente, y por otro lado calentar el tinte hasta llegar a los 80 °C (para no estropear las fibras) e introducir las fibras que estaban en remojo.

En la antigüedad eran utilizados diferentes productos naturales, como el orín, la soda, el vinagre, el jugo de limón, la sal y la corteza de nogal. En la actualidad, para teñidos de fibras

naturales con tintes naturales, se recomiendan el alumbre de potasio, el cremor tártaro y el sulfato ferroso, y los modificadores de color como el limón, el ácido cítrico, el vinagre y la sal.

Los mordientes que menos contaminan al ser humano y al medioambiente son:

- Cremor tártaro: También llamado bitartrato de potasio o ácido tartárico ( $KC_4H_5O_6$ ). Surge en forma de cristales a raíz de los sedimentos que quedan en los barriles cuando se fermenta la uva, corrigiendo la acidez del vino, por lo que es un derivado de este. También se encuentra en plantas de manera natural. Usualmente es usado en el premordentado para fibras animales (alpaca, lana, llama, seda), no se recomienda usarlo en las fibras vegetales. Aporta brillo y uniformidad en el color, neutralizando la dureza y acidez del agua que se utiliza en el tinte. Se utilizan 20 gramos cada 100 gramos de fibra textil, lo que constituye un 20% de la fibra en seco.
- Sulfato de aluminio y potasio o alumbre de potasio: Son sales muy solubles en agua, cristalinas y de las más comunes dentro de los alumbres ( $KAlSO_4$ ). Se recomienda emplearlas en el premordentado y en el mordentado directo. Poseen propiedades antibacterianas e inciden en el cambio de la tonalidad del color (colores vivos), ayudando a disminuir la turbidez cuando por agotamiento se sedimentan las partículas que tuviera el agua. Su uso facilita que se adhieran al tejido que se está tiñendo y pueden aportar buena solidez frente al lavado y la luz; mejoran la resistencia de la fibra. Se utilizan 10 gramos cada 100 gramos de fibra textil (10% de la fibra en seco). Generalmente son los más utilizados y se emplean en conjunto el alumbre y el cremor tártaro.

- Hierro o sulfato ferroso: Usualmente está en forma de sal heptahidratada y es azul-verdoso ( $\text{FeSO}_4$ ). Su utilización ayuda a oscurecer los colores arrojando tonalidades marrones, negras y grises. Se debe incorporar en los últimos minutos del baño de tinte, ya que según la exposición u oxigenación son las variables de color que se obtendrán. Se recomienda utilizar 2,6 gramos por cada 100 gramos de fibra seca.

Por otro lado, se encuentran los mordientes que no se recomiendan, porque son tóxicos y perjudiciales para la salud:

- Sulfato de cobre: También conocido como sulfato cúprico o azul vitriolo ( $\text{CuSO}_4$ ), es un compuesto inorgánico. Se emplea para oscurecer los colores y además aporta solidez frente a la luz. Es tóxico y puede generar enfermedades. Sin embargo, posee varias aplicaciones como desinfectante, antimaterial, germicida y catalizador. Se puede emplear también en la industria de la farmacéutica.
- Cloruro de estaño: Es un sólido blanco en forma de cristales ( $\text{Sn Cl}_2$ ). Se utiliza en el posmordentado, ya que brinda brillo y realza los colores amarillos, naranjas y rojos. También se utiliza como acelerador en el proceso de teñido. Como desventaja cabe mencionar que es muy volátil, higroscópico y tóxico. Si en su uso se excede de las cantidades necesarias, puede ocasionar que las fibras se resquebrajen. No se recomienda su uso, ya que reacciona al estar en contacto con la piel humana (en el caso de usarlo, tomar los recaudos necesarios).
- Tanino o ácido tártaro: Es un ácido débil, que está compuesto por ácidos fenólicos y glucosa ( $\text{C}_{76}\text{H}_{52}\text{O}_{46}$ ). Se puede encontrar en diversas frutas, vegetales, corteza, madera, semillas como café, chocolate, nueces, hojas de algunas plantas y árboles,

vino, té, entre otros. Se puede aplicar en el premordentado o en el método directo, ya que posee gran afinidad con las fibras, tanto de origen animal como vegetal. Es muy resistente a la luz solar.

### **1.8.2 Modificadores de color o auxiliares de teñido**

Los modificadores de color brindan la posibilidad de ampliar una gama de color obtenida a partir del uso de un mismo pigmento. Pueden lograr intensificar o reducir la saturación del tono, así como, en algunos casos, cambiar completamente el rango de color.

A continuación, se mencionan los modificadores de color más relevantes para la investigación, que son accesibles y biodegradables.

- Cloruro de sodio o sal de mesa: Es un mineral que se usa para la fijación del color, disuelto en agua tibia y en las fibras ya teñidas (NaCl). Posee diversos usos en la gastronomía, en el área de limpieza, como fungicida, etcétera. En el ámbito textil se emplea como modificador de color: se utilizan 20 gramos cada 100 gramos de fibra textil en seco.
- Ácido cítrico: Compuesto natural presente en todos los cítricos que contiene ácido orgánico tricarbóxico ( $C_6H_8O_7$ ). Se utiliza luego de la tinción con el fin de aumentar la acidez, modificar los colores obtenidos y fijarlos. Usualmente en el teñido se utiliza el limón, ya que se obtienen resultados parecidos. La ventaja que presenta el ácido cítrico es que tiene mayor conservación en el tiempo y requiere menos cuidados que el limón. Se puede obtener en dietéticas o droguerías. Se utilizan 10 gramos cada 100 gramos de fibra textil en seco.

- Vinagre o ácido acético: Es un alimento líquido miscible en agua que deviene de la fermentación acética del alcohol, tanto de la manzana como del vino, por lo que contiene entre 3 y 5% de ácido acético en agua ( $C_2H_4O_2$ ). Ayuda a fijar los tintes en las fibras y a degradar los minerales que posee el agua que se utiliza al enjuagar las prendas, dejándolos más brillantes. Se disuelve en agua tibia y luego de teñido se colocan las fibras en esta solución. Se recomienda el uso del vinagre de alcohol o blanco. Se utilizan 100 cm<sup>3</sup> cada 100 gramos de fibra textil en seco.
- Bicarbonato de sodio: Es un compuesto formado por cristales que se disuelve en agua ( $NaHCO_3$ ). Generalmente se utiliza conjuntamente con el vinagre y se obtienen tonalidades más claras. Se recomienda usar una cuarta taza de bicarbonato por cada 3 o 4 litros de agua.

## **1.9 Antecedentes**

### **1.9.1 Antecedentes internacionales**

Hoy en día las micro- y macro algas se tienen en cuenta como fuente útil de biomasa para diferentes fines industriales. Los estudios sobre los colorantes naturales a partir de algas representan una nueva tendencia como material sostenible, aplicado en diferentes industrias, entre ellas, la farmacéutica, la alimentaria y la de los biocombustibles. Sin embargo, en la industria textil aún no se encuentran resultados reproducibles.

A continuación, se detallan algunos antecedentes relevantes dentro de la industria textil, centrados en la capacidad que tienen las algas para capturar energía y desarrollar de esta forma

sus pigmentos, así como en su capacidad de absorber mediante el proceso de fotosíntesis dióxido de carbono, agua y luz solar para producir energía.

#### 1.9.1.1 Algaeing, textiles a partir de algas (Israel, 2021)

Algaeing fue creada en 2016 por Renana Krebs, diseñadora con vasta experiencia en el rubro textil, quien diseñó un género biodegradable, no tóxico y de bajo consumo energético, utilizando como materia prima a las algas. Su fórmula se puede utilizar para crear fibras y tintes naturales, requiere menos agua en el proceso que los tintes convencionales y no genera residuos ni contaminación (Futuro 360, 2021). Esto constituye una ventaja para las personas que trabajan en la fabricación y también para los consumidores. Sin perjuicio de esto, el costo elevado por ser un producto ético y sostenible se considera una desventaja.

Algatech (empresa israelí) es quien suministra las algas, las cuales se cultivan en agua de mar, en “granjas verticales”, con energía solar, sin utilizar agua dulce. La producción se realiza en base acuosa, luego se puede usar como tinte, o bien se puede convertir en fibra textil combinado las algas con celulosa (fibra vegetal). En 2018 Algaeing recibió el Premio al Cambio Global de la Fundación H&M. En 2020 empezó a trabajar en colaboración con Avgol, que es fabricante de textiles no tejidos con especialidad en productos de higiene, médicos y equipos de protección individual (Futuro 360, 2021).

#### 1.9.1.2 DS Automobiles, colección de moda ecológica que absorbe CO<sub>2</sub>

(Francia, 2021)

Diseñó en colaboración con la marca de alta costura EGONlab una cápsula ecológica formada por cuatro prendas: cazadora bomber, gabardina y dos camisetas. Posee elementos tratados por Post

Carbon Lab con revestimiento fotosintético (la cazadora bomber y la gabardina están parcialmente revestidas en su totalidad). Se coloca una capa de algas vivas sobre el textil de las prendas, el cual absorbe el dióxido de carbono de la atmósfera y de los usuarios, luego emite oxígeno y convierte el carbono en glucosa (DS Automobiles, 2021).

Durante el proceso de teñido y recubrimiento (en el transcurso de diez semanas), la colección absorbió 1452 gramos de CO<sub>2</sub>. Esto es alentador si se compara con un roble típico con seis años de antigüedad, que demoraría aproximadamente seis meses en dar el mismo resultado. En concordancia con el compromiso hacia lo sostenible, DS en dos oportunidades fue campeón mundial en Fórmula E (motor exclusivamente eléctrico) y se propone comercializar modelos eléctricos e híbridos enchufables para 2025. Además, pretende en un futuro ofrecer prendas con esta tecnología (DS Automobiles, 2021).

1.9.1.3 Moldovan, investigación del proceso de tintura sobre tejidos de algodón con colorantes naturales extraídos de micro y macro algas: *Arthrospira platensis* y *Synechococcus* sp., *Ulva* spp. (2016)

La investigación se basó en el estudio de colorantes a partir de micro- y macroalgas (*Arthrospira platensis*, *Synechococcus* sp. y *Ulva* spp.) aplicados a tejidos de algodón y los resultados condujeron a la posibilidad de sustituir el uso de colorantes sintéticos; pudiendo llevar a cabo el proceso de tinción de manera segura para el medioambiente, así como más económica en términos de eliminación de efluentes de agua, generación de CO<sub>2</sub>, y consumo de agua y energía.

En el proceso de tintura por agotamiento en el algodón se obteniendo tejidos de color azul, rojo y amarillo/verde, con resultados comparables y aceptables a los de los colorantes industriales. Según la especie es el solvente que se utiliza; para macroalgas el etanol conlleva a

un mayor rendimiento para extraer carotenoides a temperaturas elevadas; con la técnica “Soxhlet (SER 148 Solvent Extraction a 210 °C y con tiempo de inmersión de [I = 15 minutos], tiempo de lavado [W = 30 minutos] y tiempo de recuperación de (R = 5 minutos)” (Moldovan, 2016). Para las microalgas el mejor solvente es el agua, utilizando métodos mecánicos.

Los resultados de las solideces no son comparables con los de los colorantes naturales, pero, sin embargo, se obtuvieron valores de resistencia al lavado con descarga y degradaciones perceptibles evaluadas como buenas. Respecto a la solidez frente al frote en seco, tienen buen comportamiento y en húmedo se comportan con resultados menores pero perceptibles. En cuanto a la solidez frente a la luz, se obtuvieron valores de intensidad de color comparables con los valores obtenidos en otros estudios realizados con colorantes naturales (Moldovan, 2016).

#### 1.9.1.4 Luis Undritz, Proyecto Microbios II: 2030 (Londres, 2020)

Es un diseñador industrial que ha desarrollado varios estudios de biofabricación en diferentes aplicaciones y democratizó la tecnología con materiales vivos. En el proyecto Phyto Printing desarrolló por medio de proyección de luz un control del crecimiento de fitoplancton (el fitoplancton son los seres vivos de origen vegetal que viven flotando en la columna de agua). Formó un grupo de organismos vivos fototácticos (cianobacterias y microalgas) que crecen exponencialmente, tienen la capacidad de generar gran cantidad de oxígeno y fijar dióxido de carbono. Puede imprimirse en textiles, cerámica y papel. Una vez estampado el textil, debe humedecerse con agua regularmente para mantener vivos los organismos (respiran y metabolizan) y estimular su crecimiento. Su objetivo es que sea accesible para diseñadores, artistas y fabricantes (Undritz, s. f.).

### 1.9.1.5 SEA COLORS, Alga Plus (España)

SEA COLORS se planteó como objetivo la demostración y validación de la obtención de tintes naturales a partir de recursos naturales renovables, micro- y macroalgas y cianobacterias (Sea Colors, 2015, p. 2).

Alga Plus es quien realiza el suministro de biomasa de estas macroalgas. Presentó el concepto sostenible Acuicultura Multitrófica Integrada (IMTA), basado en un sistema de cultivo en tierra, en tanques y estanques con gran capacidad, renovando el agua relacionada con los ciclos de la marea, con el fin de promover la sostenibilidad ambiental y económica de la industria acuícola.

Se experimentó en textiles de algodón y lana con el método de teñido directo, se utilizaron altas temperaturas, el textil no fue sometido a tratamiento previo y las muestras tuvieron poco tiempo de exposición al baño de tinte, obteniendo diferentes tonalidades, como son los amarillos, verdes y rojos. La temperatura favorece un mejor agotamiento del tinte, sin embargo, el tiempo influye negativamente en las propiedades colorantes de las proteínas. Finalmente, llevó a cabo un estudio para evaluar las ventajas y desventajas, el ahorro en los procesos de fabricación, así como los impactos ambientales y se llegó a la conclusión de que utilizar la biomasa residual luego del tinte podría mejorar los rendimientos de producción de algas y la extracción de tintes más económica y ecológicamente sostenible. Como resultado, se espera obtener una selección de algas que tengan alto potencial colorante, con una gama completa de colores, que puedan usarse a nivel industrial, aplicarse a textiles y cumplir con estándares de calidad que se exigen a escala semiindustrial, para de esta forma lograr sustituir los colorantes actuales (Sea Colors, 2015).

### 1.9.1.6 Vollebak, Plant and Algae T-shirt (Reino Unido, 2019)

Es una marca de ropa para hombres especializada en ropa deportiva y de aventura. La remera *Plant and Agle* está confeccionada a partir de lyocell (una viscosa creada a partir de pulpa de eucalipto) y está teñida con colorantes a base de algas. Los bosques de eucalipto de los cuales obtiene la materia prima son gestionados sosteniblemente y las algas son cultivadas en biorreactores. El objetivo del proyecto se centra en el final de la vida útil de la prenda, la cual seguirá un ciclo biológico y se descompondrá, para lo cual necesita enterrarse con presencia de hongos y bacterias a una temperatura tropical.

En contacto con el aire, el colorante modifica su color. Esto se debe al fenómeno de la oxidación, el cual transforma el estampado de la remera en un tono ocre. Este proceso natural agrega a la prenda una dinámica diferente e innovadora, aportando otra experiencia al usuario. Además de lo mencionado, la prenda es 100% biodegradable y tarda de 8 a 12 semanas en descomponerse (Vollebak, 2022).

## **1.9.2 Antecedentes nacionales**

Es relevante destacar la tendencia actual que hay en Uruguay y en el mundo a investigar acerca de materiales de origen natural para la industria textil, urgiendo la necesidad de empezar a limitar el uso de materiales fósiles (derivados del petróleo). Aunque existen varias investigaciones referidas a desarrollos de tintes naturales y sus diversas aplicaciones, en Uruguay no existen antecedentes de uso de algas en el ámbito textil, sino que se emplean principalmente en la gastronomía y la cosmética, y han sido investigadas como insumo generador de energía.

### 1.9.2.1 María Fernanda Cerdá, Power plants: making electricity from flowers and fruits (Uruguay, 2019)

María Fernanda Cerdá es investigadora y profesora adjunta de Biomateriales en el Laboratorio de Biomateriales del Instituto de Química Biológica de la Facultad de Ciencias (Universidad de la República). Desde el año 2013 trabaja en celdas solares basadas en pigmentos naturales y en 2019 desarrolló un panel prototipo testeado en el transcurso de casi dos años en la base antártica (Portal Udelar, 2021), cuyos resultados fueron publicados en 2021.

Se hicieron pruebas con varios pigmentos, como fucoxantina de algas pardas, violaceína de bacterias, antocianinas del ceibo, arándanos y pitanga, donde la flor del ceibo fue la que mejor resultados obtuvo. Se extrajo en medio acuoso el pigmento ficoeritrina de color rojo proveniente de las algas rojas, ya que es más eficiente que la clorofila para generar electricidad. “Estas celdas, sensibilizadas por colorantes, producen electricidad mediante un principio fotoelectroquímico, convirtiendo la energía lumínica en energía eléctrica” (De Bon *et al.*, 2017, p. 44).

El uso de células sensibilizadas con colorantes naturales en una base antártica y la construcción y evaluación de un módulo DSSC durante un período de diecinueve meses. Este módulo mostró una buena estabilidad y mantuvo el rendimiento de la eficiencia de conversión a lo largo del tiempo en condiciones de interior. (Cerdá, 2021, p. 8)

Constituye una

alternativa de bajo costo en la búsqueda de fuentes de generación de energía limpia con un enfoque particular en una región fría como la Antártida. Entonces, la exploración de materiales

para almacenamiento y conversiones energías renovables, principalmente a base de recursos naturales, podría brindar una solución parcial. (Cerdá, 2021, p. 8)

### 1.9.2.2 Macroalgas Marinas de Uruguay (2022)

Uruguay cuenta con antecedentes claros y recientes de estudios realizados por Macroalgas Marinas de Uruguay, que evalúan la riqueza de especies en sus costas.

Macroalgas Marinas de Uruguay es un grupo integrado por investigadores de la Universidad de la República, mayoritariamente del Centro Universitario Regional del Este (CURE), sede Rocha, de las facultades de Ciencias y de Veterinaria e investigadores de la Dirección Nacional de Recursos Acuáticos (DINARA) del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP).

Su objetivo es “Llenar un vacío de información acerca de las macroalgas en Uruguay”. Además de investigar lo existente, busca “contacto con otros grupos e investigadores para desarrollar futuros usos y aplicaciones de las macroalgas”, así como “fomentar la apropiación de la comunidad” del conocimiento que se genera sobre esos vegetales de nuestros mares (Macroalgas Marinas de Uruguay, 2020).

### 1.9.2.3 Fiorella Mottillo, Desarrollo de tinta textil serigráfica a partir de insumos de origen natural (trabajo final de grado, 2021)

Fiorella Mottillo investigó el desarrollo de la tinta textil serigráfica artesanalmente partiendo de insumos que son de origen natural calificados como no tóxicos, ya sea para el medioambiente como para el ser humano, con el objetivo de reducir el impacto que genera la técnica de serigrafía hoy en día por el uso de las tintas en sus procesos productivos y ampliar los colorantes que hoy en día se utilizan en la serigrafía, así como diferentes soportes textiles para aplicar las tintas.

Logró estandarizar una receta con resultados aceptables y reproducibles, ampliando la colorimetría de los existentes, aplicado en textiles 100% algodón.

En términos de sustentabilidad, refiriéndonos a las consecuencias para la salud humana y el medioambiente, se seleccionaron elementos donde los niveles de toxicidad están considerados bajos o nulos. Y en lo referente a procesos productivos, tomando en cuenta los recursos hídricos y energéticos, se concluyó que, así como con el uso de tintes tradicionales, existe una repercusión en el medio ambiente específicamente.

Por otro lado, al obtener recursos locales, este es ya un aspecto positivo en sí, porque disminuye el impacto en traslado tanto económico como medioambiental, con las limitaciones existentes en Uruguay ya que algunos colorantes de origen natural no existen y tuvieron que importarse.

La de Mottillo es una investigación que plantea nuevos caminos de desarrollo para que se pueda expandir y continuar tanto el estudio como el perfeccionamiento de estos tintes en la industria serigráfica (Mottillo, 2021).

#### 1.9.2.4 Estefanía Papa, TEINT - Investigación de tintes naturales, aplicado a la lana como fibra natural (trabajo final de grado, 2018)

Estefanía Papa investigó sobre el proceso de teñido artesanal de tintes naturales usando productos naturales de uso cotidiano con el fin de ampliar el conocimiento y generar condiciones de reproducción de colores en fibra de lana, donde estos se correspondan con los códigos de color que ya existen, como las guías Pantone.

Como conclusión arribó a que los colores que se obtuvieron poseen un equivalente en la Pantanera Textil TPX de colores artificiales existentes; al comparar, se obtuvo el código que más

se acerca. Se pudieron reproducir los colores logrados mediante un proceso estandarizado o una receta detallada, donde los resultados de control de calidad aplicados fueron buenos en términos de lavado y exposición a la luz, y en cuanto a solidez al frote en seco y húmedo tuvieron una valoración media.

Los colores obtenidos fueron: amarillos, rosados y violetas a partir de los arándanos, el azafrán, la cúrcuma y la frutilla. Un degradé de marrones se obtuvo a partir de cáscara de cebolla, el café y el té rojo, amarillos verdosos se obtuvieron de la yerba y colores grisáceos a partir de los porotos negros. La espinaca y la remolacha no arrojaron los colores esperados (Papa, 2018).

1.9.2.5 Paola Maldonado, Usa bambú: desarrollo de un artículo textil a partir de fibras de especies de bambú existentes en Uruguay (trabajo final de grado, 2016)

Un ejemplo local reciente es el aporte de la investigación de Paola Maldonado sobre el uso del bambú como fibra textil, ya que el bambú posee propiedades como sustentable, renovable y multifuncional y su desarrollo responsable contribuye a disminuir el calentamiento global.

A partir de fibras obtenidas de las hojas caulinares de *Guadua chacoensis* —bambú nativo—, se logra generar un hilado artesanal capaz de ser utilizado en el diseño de textiles para el hogar y la confección de accesorios, entre otros. “Se experimenta con diferentes teñidos, estampados, decoloración y suavizado, y se obtienen muestras con técnicas de tejido de punto, plano y bordado” (Maldonado, 2016, p. 4).

En nuestro país no se reconoce su potencial ni sus aplicaciones, más allá de las artesanías y construcciones básicas. Por ello se investigaron diversos métodos en los que se procesan las

fibras de bambú que existen en Uruguay, para desarrollar un insumo de fabricación de un textil a partir del bambú.

## Capítulo 2: Metodología de la investigación

Se lleva adelante una investigación exploratoria experimental, investigando los antecedentes que existen en Uruguay y en el mundo, centrada en el desarrollo de teñidos a partir de algas presentes en las costas del departamento de Rocha. Esta metodología será desarrollada en las siguientes etapas:

- Etapa 1: Definición del problema.
- Etapa 2: Diagnóstico de la situación actual y relevamiento de información.
- Etapa 3: Experimentación.
- Etapa 4: Desarrollo, ejecución y conclusiones.

Se decidió aplicar esta metodología flexible con etapas que se retroalimentan porque brinda la posibilidad de hacer modificaciones si la investigación así lo requiere. En virtud de esto, el relevamiento de la información servirá de insumo para la experimentación y viceversa.

En la *etapa 1* se define el problema a abordar, el cual surge como resultado del interés que se despertó en nosotras y fue desarrollado a lo largo de la carrera. Esta etapa tiene como eje la sustentabilidad y los recursos locales, y está basada en el contexto y los antecedentes existentes relacionados a la temática a abordar.

En la *etapa 2* se realiza un relevamiento de información de material existente, con la respectiva revisión de documentación académica y bibliográfica relacionada. Se aplica el método cualitativo, con base en entrevistas a diferentes actores vinculados al área.

Lo antes mencionado permite realizar un diagnóstico de la situación actual y la información recabada comprenderá el marco teórico.

La *etapa 3* se nutre del relevamiento de información de la fase anterior, donde se analizan las condiciones y requisitos para la extracción de pigmentos a partir de algas, explorando los distintos resultados al modificar las variables: concentración de los pigmentos, tiempo de teñido, modificadores de color, exposición a la luz y a la temperatura, para el desarrollo final de teñidos naturales, utilizando la fibra textil de bambú.

Finalmente, en la *etapa 4* se lleva a cabo la ejecución de un muestrario con los teñidos, la observación del comportamiento de estos, conjuntamente con las pruebas de solidez, y se realizan las conclusiones pertinentes.

## Capítulo 3: Experimentación

Para poder llevar a cabo la extracción del pigmento, previamente se debió abordar una serie de etapas que se describen a continuación:

1. En primer lugar, se procede a identificar las algas de las cuales extraer el colorante, como se menciona en el capítulo uno. Esta decisión se toma considerando su potencial como colorante y su presencia para la recolección, teniendo en cuenta la cantidad de sustrato que se necesita para lograr las coloraciones.
2. El siguiente paso es determinar y perfeccionar el proceso de extracción del pigmento, ya que este paso va a permitir extraer la mayor cantidad de colorante posible. Las macroalgas tienen una pared celular resistente que necesita del empleo de solventes como el metanol y acetona, así como emplear temperaturas elevadas. Según De Val *et al.*, la acetona es uno de los solventes que han demostrado ser más eficaces para la extracción de los pigmentos clorofila y caroteno (1985, p. 323).
3. Posteriormente se precisa y optimiza el proceso de tinción, analizando su idoneidad como tinte textil. Para ello se determinan variables como: concentración del colorante, mordientes, auxiliares de teñido y si este debe ser en frío o en calor. Particularmente, las condiciones del proceso se deben controlar de manera minuciosa, debido a la sensibilidad a la temperatura que presenta este tipo de colorantes y la técnica para la aplicación de calor.
4. Se cuantifican las cantidades ideales de sustancia tintórea para la tinción de los soportes y se procede a la elaboración final de las muestras.

5. Finalmente, se analizan las muestras textiles obtenidas bajo los criterios de solidez frente al lavado, la luz y el frote.

### **3.1 Materiales utilizados**

Para el desarrollo de la experimentación se utilizaron varios materiales según el procedimiento a seguir. Se llevó a cabo el procedimiento del mordentado, la extracción del pigmento y, por último, el teñido. En los tres casos se emplea:

- Balanza.
- Equipo de protección: guantes, lentes de protección, mascarilla.
- Termómetro apto para altas temperaturas.
- Registro de datos.
- Elementos para revolver de material no reactivo, como madera o pelitre (pudiendo ser cucharas).

Para el mordentado es necesario contar con los siguientes instrumentos e insumos:

- Agua.
- Elementos para revolver de material no reactivo, como madera o letra (pudiendo ser cucharas).
- Filtro de algodón (textil).
- Fuente de calor: cocina, hornallas, etc.
- Mordientes
- Ollas, deben tener un tamaño grande comparado con el textil, de manera que quepa holgado en ellas.

- Textil de bambú.

Al desarrollar la extracción del pigmento y teñido se utiliza:

- Biomasa de macroalgas (extracción).
- Filtro de algodón (textil).
- Fuente de calor segura: manta de calentamiento o baño de vapor en un laboratorio.
- Recipiente apto para altas temperaturas.
- Recipiente oscuro tapado para almacenar el pigmento.
- Solvente.
- Textil de bambú (teñido).

Las macroalgas que se utilizaron para la obtención de los colorantes fueron: *Grateloupia turuturu*, empleada para la obtención de clorofila (colorante verde) y la macroalga *Ulva* spp., usada para la obtención de carotenoides (colorante amarillo-naranja). Fueron recolectadas en marzo de 2022 en la playa El Cabito, ubicada en La Paloma, y se conservaron refrigeradas a -18 °C. Para ello se tomaron en cuenta las recomendaciones de Macroalgas Marinas de Uruguay (2020):

Recolección:

- Extraer algas de color verde uniforme.
- Se recomienda cortar a una distancia de unos 5 cm sobre la base de fijación y no arrancar, ya que de esta forma puede volver a crecer (esto también ayudará a que las algas lleguen a su casa con menor cantidad de arena lo que reducirá el tiempo de lavado).
- No cortar cuando estén en reproducción (ocurre durante todo el año).

Manipulación:

- Una vez extraídas, las algas deben mantenerse en una bolsa plástica o de rejilla y guardarlas a la menor temperatura posible hasta que sean llevadas a un lugar con refrigeración.
- Pueden consumirse en el momento o mantenerse a lo sumo un par de días refrigeradas; en el *freezer* unos pocos meses.
- Lavar con abundante agua (puede ser de mar del mismo sitio de la colecta) para sacar la arena y pequeños animales asociados a las algas.
- No cortar cuando estén en reproducción (ocurre durante todo el año).

Como soporte textil se utilizó tejidos de composición 100% bambú, con un rendimiento de 3,70m/k. Para realizar el proceso de mordentado de dicho textil, se utilizó alumbre de potasio, acetato de sodio y carbonato de calcio (según el proceso de mordentado descrito en el punto 3.2.1).

A la hora de realizar los ensayos del proceso de extracción del colorante, se utilizó metanol de origen vegetal y acetona como solventes, ya que de acuerdo a la bibliografía consultada son los más eficientes para dicho proceso.

Al llevar a cabo los ensayos de tintura por agotamiento, se utilizó como colorante la sustancia obtenida a partir del proceso de extracción antes mencionado.

Respecto a la resistencia al lavado, para las pruebas desarrolladas se utilizó detergente neutro que cumple con los requisitos de dicha norma a una temperatura de lavado de 25 °C.

## **3.2 Procedimientos**

Se realizaron dos procedimientos previos al teñido: mordentado y extracción del pigmento. El mordentado fue mediante el hervido del textil junto con los mordientes y la extracción del pigmento fue por medio de calor. Para el teñido se usó tintura por agotamiento.

### **3.2.1 Procedimiento de mordentado**

Para obtener un teñido más homogéneo y persistente, el tejido de bambú fue sometido a un mordentado con los siguientes pasos:

1. En un recipiente disolver 5 gramos de alumbre de potasio, junto con 5 gramos de acetato de sodio en agua tibia.
2. Agregar agua caliente a la solución hasta completar los 100 mililitros e introducir la muestra textil de bambú.
3. Exponer a temperatura hasta ebullición y dejar reposar mínimo durante 8 horas.
4. Enjuagar y centrifugar.
5. Disolver 2 gramos carbonato de calcio en 100 mililitros de agua tibia.
6. Incorporar la muestra textil y dejar reposar durante 4 horas.
7. Enjuagar y centrifugar. Dejar secar a temperatura ambiente.

### **3.2.2 Extracción de colorantes naturales a partir de las macroalgas**

Tanto para las pruebas de extracción del pigmento rodofita como clorofita se realizaron dos tipos de ensayos, con el fin de determinar el solvente más eficaz durante el proceso de extracción:

- Empleando como solvente 150 mililitros de acetona y 16 gramos de biomasa fresca de la cepa *Ulva* spp. y 36 gramos para la cepa *Grateloupia turuturu*.
- Aplicando 150 mililitros de metanol como solvente y 16 gramos de biomasa fresca de la cepa *Ulva* spp. y 36 gramos de *Grateloupia turuturu*.

Se tuvieron las siguientes precauciones para desarrollar de manera segura los procesos de extracción de pigmento y teñido:

- Utilizar protección necesaria para la manipulación como mascarillas y lentes.
- Realizar el procedimiento en un ambiente ventilado.
- Al estar cerca o en contacto con el tinte: no ingerir alimentos, bebidas, fumar o tocar la piel ni los ojos.
- Como fuente de calor debe utilizarse una manta de calor o baño de vapor bajo supervisión en un laboratorio, ya que están diseñados para calentar uniformemente y seguro a temperaturas elevadas.
- No se debe colocar directamente al fuego ni acercarse a un mechero encendido, el solvente orgánico ya que es altamente inflamable.
- Se recomienda medir constantemente la temperatura, si bien el punto de ebullición es 70 °C, no se recomienda calentar a temperaturas cercanas a 60 °C. En tal caso retirar y colocar nuevamente al calor las veces que sea necesario.

### **3.2.3 Procedimiento de extracción del pigmento con calor**

1. Colocar el solvente en un recipiente de vidrio apto para altas temperaturas.
2. Trozar y triturar en un mortero 16 g de alga fresca *Ulva* spp. (lo más pequeño posible) con 5 mililitros de solvente. Para la *Grateloupia turuturu* usar 36 gramos.

3. Incorporar el alga triturada al solvente.
4. Exponer a la fuente de calor hasta que el alga pierda color. Retirar si llega a temperaturas 60 °C.
5. Colar con un filtro de algodón separando la masa residual del pigmento.
6. Finalmente, colocar en un recipiente oscuro y resistente al calor.

### **3.2.4. Análisis del tinte obtenido**

Para el análisis de los extractos se estudiaron las muestras obtenidas mediante espectrofotometría UV Analytikjena specord 200 Plus. Las medidas fueron tomadas sobre los valores máximos de absorbancia para cada pigmento, para las longitudes de onda 666 nm para las rodofita y 476 nm para la clorofita. Este análisis se llevó a cabo con el fin de determinar el mejor solvente de extracción para cada cepa de alga.

Para dicho análisis se colocaron las muestras líquidas obtenidas sin biomasa residual en cubetas y se introdujeron en el espectrofotómetro (ubicado en Facultad de Ciencias), obteniendo como resultado el espectro de la disolución empleada (ver fotos en anexo 1).

La radiación no absorbida por el espectrofotómetro es medida por el instrumento y luego es comparada con la radiación no absorbida en una muestra de “referencia”, que consta únicamente del disolvente empleado. Las medidas se realizan sobre los valores máximos de absorbancia para cada colorante.

Como se mencionó, el espectrómetro UV-Vis de doble haz disponible en el laboratorio de Facultad de Ciencias es Analytikjena specord 200 Plus, que puede realizar lecturas entre los 190-1100 nm. Este rango de radiación cubre el espectro UV cercano y lejano, el espectro VIS y parte del infrarrojo cercano. Por lo tanto, el tipo de transiciones moleculares que podemos esperar son

electrónicas y vibratorias que, al combinarse, generan bandas anchas características de los espectros UV-VIS. Como consecuencia de la combinación de los diferentes tipos de transiciones específicas para cada compuesto o mezcla de compuestos, en el espectro se registra como resultado un barrido en el rango de análisis del equipo UV.

### **3.2.5. Teñido de bambú con los colorantes obtenidos a partir de las macroalgas**

Se concretaron tres tipos de ensayos de teñido con el propósito de ocasionar variables de color a partir del uso de modificadores de color, que son el ácido cítrico y sulfato ferroso, y sin el uso de ellos. La cantidad a utilizar de cada modificador es en función de la obtención de una solución homogénea con el solvente:

1. Empleando 1 gramo de sulfato ferroso.
2. Empleando 1 gramo de ácido cítrico.
3. Sin emplear modificadores durante el proceso de tinción.

El teñido mediante el método de tintura por agotamiento fue realizado en dos modalidades diferentes: en frío y reposo durante 24 horas; en calor y luego dejado en reposo 24 horas.

#### **3.2.5.1 Procedimiento de teñido en frío**

1. Colocar el pigmento extraído en un recipiente de vidrio con 50 mililitros de etanol.
2. Incorporar al recipiente la muestra de bambú de 18 gramos, previamente mordentada y humedecida en etanol.
3. Dejar reposar 24 horas la muestra en el tinte a temperatura ambiente.
4. Retirar la muestra de bambú y lavar con abundante agua tibia a 25 °C.

5. Dejar secar a la sombra.

Procedimiento de teñido con modificador de color (ácido cítrico y sulfato ferroso) en frío y en reposo 24 horas:

1. Colocar el pigmento extraído en un recipiente de vidrio con 50 mililitros de etanol.
2. Agregar al recipiente 1 gramo del modificador de color y disolver con un elemento de madera.
3. Incorporar al recipiente la muestra de bambú de 18 gramos (previamente mordentada y humedecida en etanol).
4. Dejar reposar 24 horas la muestra en el tinte a temperatura ambiente.
5. Retirar la muestra de bambú y lavar con abundante agua tibia a 25 °C.
6. Dejar secar a la sombra.

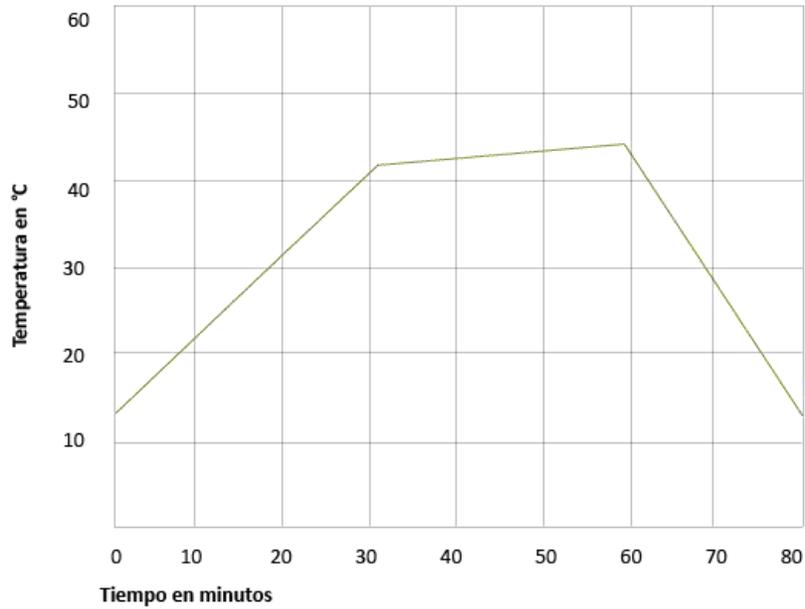
### 3.2.5.2 Procedimiento para el teñido con calor

1. Colocar el pigmento extraído en un recipiente de vidrio resistente al calor, con 50 mililitros de etanol.
2. Incorporar al recipiente la muestra de bambú de 18 gramos (previamente mordentada y humedecida en etanol).
3. Exponer a una fuente de calor, a temperatura constante durante 60 minutos. Tener en cuenta precauciones anteriormente mencionadas.
4. Dejar reposar 24 horas la muestra en el tinte a temperatura ambiente.
5. Retirar la muestra de bambú y lavar con abundante agua tibia a 25° C.
6. Dejar secar a la sombra.

Procedimiento de teñido con calor con modificador de color (ácido cítrico y sulfato ferroso):

1. Colocar el pigmento extraído en un recipiente de vidrio apto para calor con 100 mililitros de etanol.
2. Agregar al recipiente 2,5 gramos del modificador de color y disolver con un elemento de madera.
3. Incorporar la muestra de bambú de 18 gramos, previamente mordentada y humedecida en etanol.
4. Exponer a una fuente de calor (según curva de teñido incluida en la figura 14) a temperatura constante durante 60 minutos. Tener en cuenta precauciones anteriormente mencionadas.
5. Dejar reposar 24 horas la muestra en el tinte a temperatura ambiente.
6. Retirar la muestra de bambú y lavar con abundante agua tibia a 25 °C.
7. Dejar secar a la sombra.

La curva de teñido que se presenta en la figura 14 es representativa del proceso, el cual insumió en total 60 minutos. La temperatura ambiente antes de exponer a la fuente de calor fue de 16 °C. Luego el gradiente de subida de temperatura fue de 29,3 °C al minuto 20. Transcurridos 40 minutos la temperatura se elevó a 40,5 °C y al llegar a los 60 minutos, a 45 °C.



**Figura 14.** Curva de teñido

Fuente: Elaboración propia.

### **3.2.6 Coordenadas CIELAB**

Las coordenadas cromáticas de los tejidos de bambú tintados con colorantes a partir de macroalgas fueron determinadas con la aplicación Color Grab. Todas las muestras fueron analizadas bajo la misma luz uniformemente, la medida de luz utilizada fue de 456 Lux, con un observador de ángulo de la cámara a 10°. Las medidas fueron cuantificadas con el fin de poder determinar el método de teñido más eficaz y analizar las diferencias de color entre tejidos tintados con modificadores de color y sin ellos.

## **3.2.7 Solidez del color**

### 3.2.7.1 Solidez frente al lavado

Uno de los métodos más comunes para la limpieza y el consecuente mantenimiento es el lavado de las prendas. En lo que respecta a la solidez del color frente al lavado, esta determina la firmeza del color de los textiles a diferentes detergentes y diversos entornos de lavado, existiendo varias maneras de probarla.

La regla fundamental es reproducir el estado del lavado a escala doméstico o comercial, conservando las condiciones tanto de temperatura como de tiempo especificadas. Seguidamente, se debe agitar, enjuagar y por último secar.

Se emplea para comparar la muestra original una tarjeta de muestra gris o un instrumento, para evaluar así el cambio de color de la muestra y la mancha de la tela testigo sin teñir.

Según los métodos utilizados, puede variar ocasionando diferencias en términos de procedimientos de lavado y secado, solución de prueba, temperatura y la decisión de agregar bolas de acero o no (Testex, 2020).

En este sentido, la prueba de solidez frente al lavado se produce de forma doméstica, tratando de respetar al máximo las consideraciones del proceso a nivel industrial:

1. Se procede a cortar una muestra teñida (la cual se busca someter a evaluación) y una muestra testigo en crudo del mismo material, en este caso tejido de bambú.
2. Seguidamente se coloca en lavadora automática durante 20 minutos a temperatura ambiente con jabón neutro.

3. Una vez finalizado el proceso de lavado, se procede a secar ambas muestras en secadora automática a una temperatura entre 30 °C y 40 °C (temperatura apta para este tipo de tejidos).
4. Finalmente, las muestras fueron llevadas a una caja de luz uniforme y fueron analizadas según la escala de grises mediante observación visual apreciable.

### 3.2.7.2 Solidez frente a la luz

La reacción de la tela a la luz es uno de los aspectos de prueba más importantes en todas las pruebas de solidez del color. A nivel industrial estas pruebas se realizan simulando la luz natural en laboratorio para acelerar el proceso y la técnica utilizada con mayor éxito es el método de radiación de arco largo de xenón, puesto que es confiable de simular y reconstruir el espectro de luz natural, para lo que se utilizan varios filtros con el fin de reproducir condiciones ópticas especiales. La luz de arco de xenón reproduce los daños causados por la luz solar de espectro completo y por la lluvia, en el transcurso de unos pocos días o semanas se puede reproducir el daño que ocurriría con el paso de meses o incluso años a la intemperie, focalizándose en los cambios de color y apariencia.

La prueba de solidez a la luz no es tan simple como colocar la tela bajo una fuente de luz específica para observar su reacción, debe tenerse en cuenta la temperatura y la humedad debido a que influyen más en la respuesta de la tela a la exposición a la luz. Por lo tanto, se deben crear las condiciones ambientales correspondientes para cada prueba y mantenerlas constantes durante todo el proceso. A continuación, se evalúa la solidez del color a la luz de la muestra con referencia al estándar de una muestra de lana teñida de azul, asignándose un número en una

escala de 1 a 8, siendo 1 el más bajo (representando mayor pérdida de color) y 8 el más alto (representando menor pérdida de color) (Testex, 2020).

La prueba de solidez frente a la luz se lleva a término de forma doméstica y a efectos prácticos se sustituye la escala azul (ya que no se posee) por la escala de grises utilizada en la prueba solidez frente al lavado-decoloración:

1. Se corta una muestra teñida de 10 por 5 centímetros (la cual se busca someter a evaluación).
2. A continuación, se expone la muestra a luz solar directa durante tres días, cubriéndose la mitad con una cartulina negra.
3. La exposición fue llevada a cabo siempre en el mismo horario, de 8:00 a 18:00 horas, resultando en un total de 30 horas de exposición a la luz.
4. Finalmente, se coloca la muestra en una caja de luz y se la compara utilizando la escala de grises utilizada en el ensayo anterior (ver anexo 2).

### 3.2.7.3 Solidez frente al frote

La solidez del color frente al frotamiento es un tipo de inspección de solidez del color textil. Generalmente es uno de los tipos de inspección más comunes en el comercio textil y mide la capacidad del color de los textiles para resistir tanto la fricción en seco como la fricción en húmedo (Testex, 2020).

La solidez de color de roce seco se refiere a la situación de la decoloración y la tinción de la tela teñida cuando se frota con un paño blanco estándar. La solidez del color del roce en húmedo se refiere a la situación de la decoloración y tinción de teñido material cuando se frota con un paño blanco estándar cuyo contenido de agua es de 95% a 105%. Esta prueba se realiza a nivel

industrial de manera mecánica con equipamiento específico y seguidamente se lleva el paño de fricción a la sala de clasificación, donde se lo coloca en una caja de fuente de luz estándar. Posteriormente se utiliza la tarjeta de muestra gris para evaluar el grado de tinción del paño de fricción. Dicha tarjeta se divide en cinco grados, cuanto mayor sea el grado mejor será la solidez frente al frote.

La prueba de solidez frente al frote en esta investigación se lleva a cabo de forma doméstica, tratando de respetar al máximo las consideraciones del proceso a nivel industrial:

1. Se corta una muestra teñida de 10 por 5 centímetros y una muestra testigo en crudo de 5 por 5 centímetros, con la misma composición.
2. Se sujeta la muestra testigo a un tubo de metal y se la frota sobre la muestra teñida durante 10 segundos (cada pasada se hace cada un segundo), por un total de 10 veces, buscando ejercer una fuerza constante en cada pasada, a una velocidad de 10 segundos por pasada.
3. Para la prueba en húmedo se realiza el mismo procedimiento, con la única diferencia de que se humedece a temperatura ambiente la muestra testigo antes de frotarla sobre la muestra teñida.
4. Finalmente, se llevan las muestras a una caja de luz, donde se las observa y analiza usando la escala de grises.

### 3.3 Fundamentación del textil empleado

Para la presente investigación fue seleccionada la fibra de bambú como soporte para realizar las pruebas de teñido. A continuación, detallaremos las principales características del textil, las cuales lo hacen idóneo para los ensayos a desarrollar.

El textil de bambú está fabricado, como su nombre lo indica, a partir de una fibra natural derivada de la planta de bambú. Sus principales características son la durabilidad, la biodegradabilidad y su capacidad de absorber la humedad. Durante cientos de años, esta fibra ha sido utilizada en el continente asiático con fines sostenibles, aplicándose en varias industrias medicinal, papelera y textil.

Según la técnica de fabricación, existen principalmente tres tipos de tejidos de bambú: viscosa o rayón de bambú, lyocell de bambú y lino de bambú. Las distinciones radican en la técnica de procesamiento, mecánica o química, y cómo se manipulan los productos químicos. (Barrera, 2021)

Los tipos de tejido de bambú pueden ser, entonces:

- Viscosa de bambú o rayón: Esta tela es fabricada mediante un proceso químico, para ello se trituran las hojas de bambú y su núcleo interno. Es el proceso más contaminante para llegar al textil, implica hidrólisis-alcalinización y blanqueo multifásico.
- Lyocell de bambú: A diferencia de la viscosa, el lyocell se fabrica en un sistema de circuito cerrado, donde se utilizan productos químicos menos dañinos, dicho proceso

captura y recicla el 99,5% de los productos químicos empleados. Como resultado la tela conserva las características más provechosas de la fibra de bambú.

- Lino de bambú: Esta es considerada la alternativa más ecológica, debido a que su producción no implica productos químicos peligrosos, sino que la tela es resultado de un proceso mecánico.

Aunque el cultivo de bambú es natural y ecológicamente benigno, producir viscosa a partir de bambú se considera peligroso. Aunque existe poco o ningún peligro de exposición a sustancias químicas tóxicas cuando las personas usamos ropa de bambú, se utilizan varios compuestos peligrosos para convertir el bambú crudo en celulosa, que luego se usa para fabricar rayón de bambú. (Barrera, 2021)

Según un estudio realizado en 2021 por Jeannie Egan y Sonja Salmon, llamado *Estrategias y progreso en la biodegradabilidad de fibras textiles sintéticas*, la mayoría de las fibras celulósicas, incluido el rayón, se degradan a una velocidad comparable a la del algodón, o más rápida. A partir de lo expuesto, se puede concluir que las fibras de bambú son biodegradables.

En comparación con otros tejidos, como el algodón, el bambú presenta ventajas significativas, como requerir menor cantidad de agua y uso de pesticidas. Por otra parte, el bambú absorbe más emisiones de gases de efecto invernadero, produce más oxígeno y sus raíces ayudan a mantener el suelo erosionable. De modo que el tejido de bambú resulta una alternativa más sostenible que otras fibras. En este sentido, es necesaria la transparencia del fabricante a la hora de proporcionar información sobre su origen.

Si bien los textiles de bambú son populares en la actualidad, no fueron encontrados registros de su utilización en investigaciones de teñido a nivel local. Los más populares son la lana, la seda

y el algodón. Siendo el bambú una tela ecológica, con un bajo impacto medioambiental, se considera una buena opción como soporte para la investigación.

### **3.4 Fundamentación de las técnicas empleadas**

#### **3.4.1 Fundamentación de la técnica empleada para el análisis del**

#### **colorante obtenido**

Según los autores del artículo “Aplicaciones y generalidades de un espectrofotómetro UV- VIS UV-1800 de Shimadzu”, la espectroscopia UV-VIS como técnica analítica se ha utilizado durante los últimos 35 años y es en este periodo que se ha convertido en uno de los instrumentos analíticos para uso en el día a día. En varias aplicaciones se podrían emplear otras técnicas, pero ninguna compite con el UV-VIS, por su simplicidad, versatilidad, velocidad, precisión y rentabilidad (Castellanos Cuéllar *et al.* 2018, p. 55).

La ley Lambert-Beer es el principio de este análisis cuantitativo y tiene su base matemática en la medida de absorción de radiación de muestras en solución. Refiriéndonos a absorbancia, la expresión matemática es  $A = \log (I_0/I) = k \times c \times l$ .

Donde  $A$  es absorbancia,  $I_0$  representa intensidad de la radiación monocromática que incide en la muestra,  $I$  la intensidad de la radiación que emerge de la muestra (Castellanos Cuéllar *et al.*, 2018, p. 60).

Entre las funcionalidades del espectrofotómetro, la principal es la capacidad de proyectar un haz de luz monocromático (de una longitud de onda particular) por medio de una muestra y así medir la cantidad de luz que es absorbida por ella. Además, mide la relación existente en la

intensidad del color en una muestra y su relación con la cantidad de soluto dentro de ella (Osorio y Espinoza, 2009, p. 18) (ver figura 17 en anexo 1).

### **3.4.2. Fundamentación de la técnica empleada para la caracterización de las muestras teñidas**

Aun cuando dos colores diferentes puedan parecer los mismos, podemos hallar diferencias mínimas cuando son evaluados con un instrumento de medición de color. Si los colorantes obtenidos pretenden ser usados a mediana y gran escala con el fin de reemplazar un colorante sintético, identificar diferencias de color entre una muestra y otra es muy importante, ya que repercute en lo que refiere a la satisfacción del consumidor y los costos de producción.

Este estudio se realiza a nivel industrial mediante el uso de un espectrofotómetro textil de reflectancia, con el fin de obtener las coordenadas cromáticas en el espacio de color CIELAB y así poder definir los colores alcanzados. Dicho estudio es un modelo cromático utilizado para describir todos los modelos que puede ver el ojo humano, los tres parámetros en el modelo son representados por las siglas LAB: L, luminosidad (0 para el negro puro y 100 para el blanco); A, la posición entre rojo y verde (valores negativos indican verde, mientras que valores positivos indican rojo); y B es la posición entre amarillo y azul (valores negativos indican azul y valores positivos indican amarillo) (Lockuán Lavado, 2012).

La diferencia de color es definida como la comparación numérica de una muestra con el estándar. Indica las diferencias en coordenadas absolutas de color y se la conoce como Delta ( $\Delta$ ). Deltas por  $L^*$  ( $\Delta L^*$ ),  $a^*$  ( $\Delta a^*$ ) y  $b^*$  ( $\Delta b^*$ ) pueden ser positivas (+) o negativas (-). La diferencia total, Delta E ( $\Delta E^*$ ), sin embargo, siempre es positiva. (Konica Minolta, s. f.)

Por lo tanto, la ecuación se lee:

$$\Delta E^* = [\Delta L^*2 + \Delta a^*2 + \Delta b^*2]^{1/2}$$

Y estas son expresadas como:

$\Delta L^*$  = diferencia en luz y oscuridad (+ = más luminoso, - = más oscuro)

$\Delta a^*$  = diferencia en rojo y verde (+ = más rojo, - = más verde)

$\Delta b^*$  = diferencia en amarillo y azul (+ = más amarillo, - = más azul)

$\Delta E^*$  = diferencia total de color

Para la obtención de las coordenadas cromáticas para la presente investigación, se utilizó la aplicación Color Grab, un colorímetro que permite la cuantificación de un color bajo parámetros controlados (luz y ángulo de cámara), lo que habilita la comparación con otro color luego de dicha cuantificación.

### **3.4.3. Fundamentación de la técnica empleada para los ensayos de solidez**

Existen varias organizaciones que se encargan de regular y ayudar a las empresas a establecer niveles de calidad en relación con la gestión, la prestación de servicios y el desarrollo de productos en la industria. La más utilizada en la industria textil es la organización internacional ISO (Organización Internacional de Normalización), una federación mundial de organismos nacionales de normalización (organismos miembros de ISO). ISO desarrolla normas internacionales a través de técnicos expertos en diferentes comités.

Las normas más utilizadas en el estudio de solidez de color en los textiles son las siguientes (Instituto Uruguayo de Normas Técnicas, 2022):

- Norma ISO 105/X12: 1993 (Solidez al frote)
- Norma ISO 105/C06: 1994 (Solidez al lavado doméstico)

- Norma ISO 105-N01: 1993 (Solidez al blanqueo con hipoclorito)
- Norma ISO 105-N02 (Solidez al blanqueo con peróxido)
- Norma AATCC 135-1995 (Estabilidad dimensional)
- Norma AATCC 179-1996 (Revirado en prendas)

La solidez de los textiles se puede definir como su resistencia a diferentes agentes adversos, como la luz, el lavado, el planchado, el sudor, la fricción y los agentes químicos durante su procesamiento o uso. El grado de solidez, es decir, el grado de solidez del color del tejido se evalúa de acuerdo con la decoloración de una muestra y la tinción de otro tejido sin teñir.

La evaluación se hace de forma numérica, se clasifica por decoloración y manchas de las tarjetas grises ISO.

La tarjeta gris de calificación de solidez del color se caracteriza por el aumento o la disminución de gradiente específico. Dicha tarjeta cambia de color comprendiendo un grupo de niveles de gris estándar y, por otro lado, una clase de niveles de gris que cambian el color. Estos niveles de grises originales permanecen sin cambios durante una prueba, mientras que el segundo grupo de niveles de gris, que cambian de color, disminuye gradualmente formando un contraste de decoloración entre los dos.

Para el presente trabajo las pruebas de solidez se llevan a cabo de forma doméstica, buscando respetar al máximo las consideraciones recomendadas en la medida de las posibilidades instrumentales disponibles en nuestro entorno. Debido a las reglamentaciones de estas normas, se exigen instrumentos e instalaciones específicas para cada ensayo.

### 3.5 Resultados

Los resultados que se exponen corresponden al estudio de las concentraciones de pigmentos obtenidos por extracción proporcionadas por espectrofotometría UV-Vis, asimismo las distintas variaciones de color de los tejidos tintados con los extractos obtenidos y las solideces obtenidas según los análisis realizados.

#### 3.5.1. Análisis de la concentración del colorante

En la tabla 6 se presentan las cepas de algas utilizadas y los métodos de extracción empleados con el fin de analizarlas.

Taxón	Dimensión	Clase	Pigmento de interés	Color	Solvente	Biomasa	Método utilizado
<i>Grateloupia turuturu</i>	11 cm	Roja	Carotenoides	Naranja Marrón	Acetona Etanol	Fresca	Mortero y calor
<i>Ulva spp.</i>	22 cm	Verde	Clorofila	Verde	Acetona Etanol	Fresca	Mortero y calor

**Tabla 6.** Cepas de algas empleadas y método de extracción

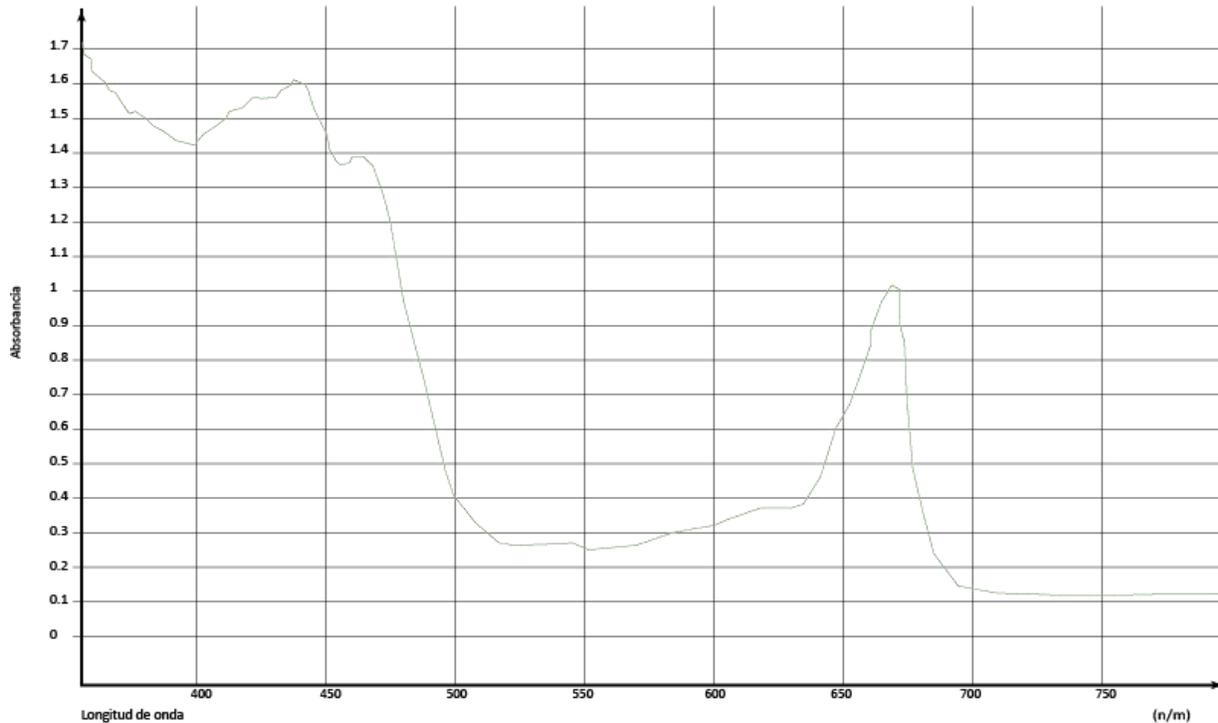
Fuente: Elaboración propia.

Luego de cada extracción de pigmento, se realiza el proceso de filtración de la biomasa residual y se filtra en una gasa de algodón. El líquido sin residuos de biomasa se coloca en cubetas de vidrio y finalmente se analizan en el espectrofotómetro, todo esto con el fin de calcular la concentración de colorante obtenida.

Para este análisis se emplea la absorbancia máxima correspondiente para cada solución. La absorbancia máxima se obtuvo midiendo el espectro UV-Vis de cada solución obtenida. En las

siguientes gráficas se representa el pico máximo correspondiente a cada colorante empleado en el estudio.

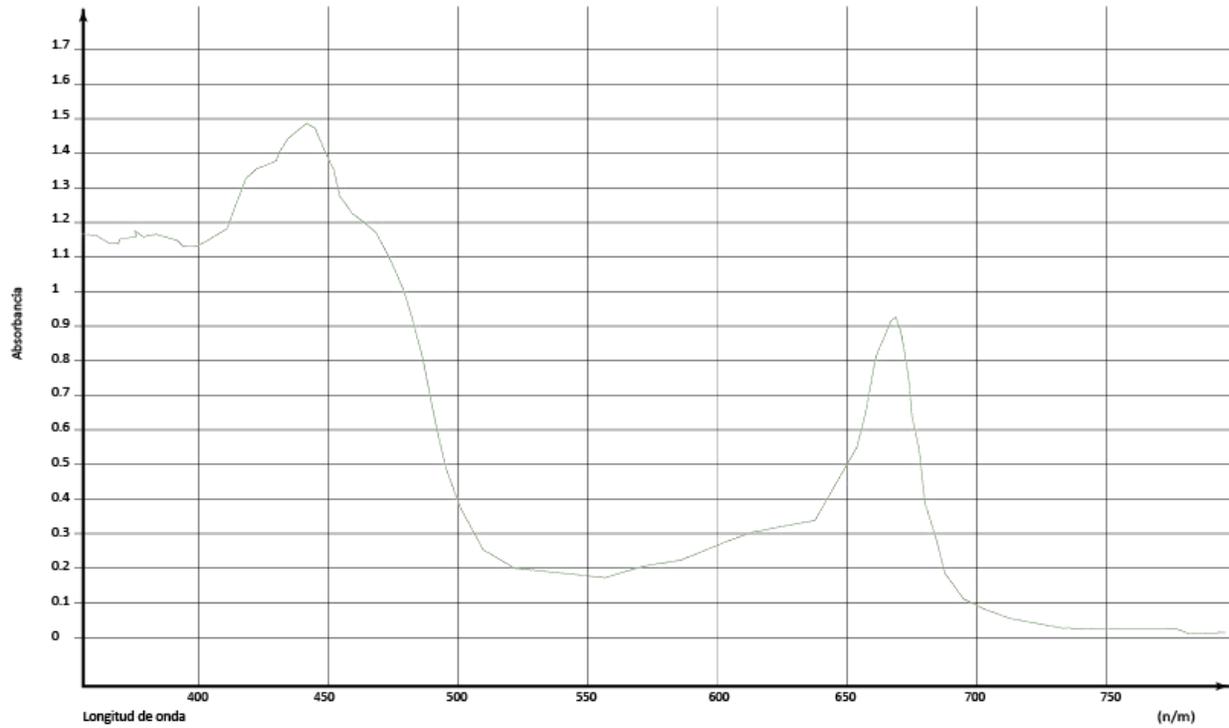
Para la cepa *Ulva* spp. se obtuvo verde y, según las por medidas espectrofotométricas, posee una absorbancia máxima a 635 nm, representativo para las clorofilas tipo A.



**Figura 15.** Espectro de color verde - cepa *Ulva* spp. en solvente acetona

Fuente: Elaboración propia.

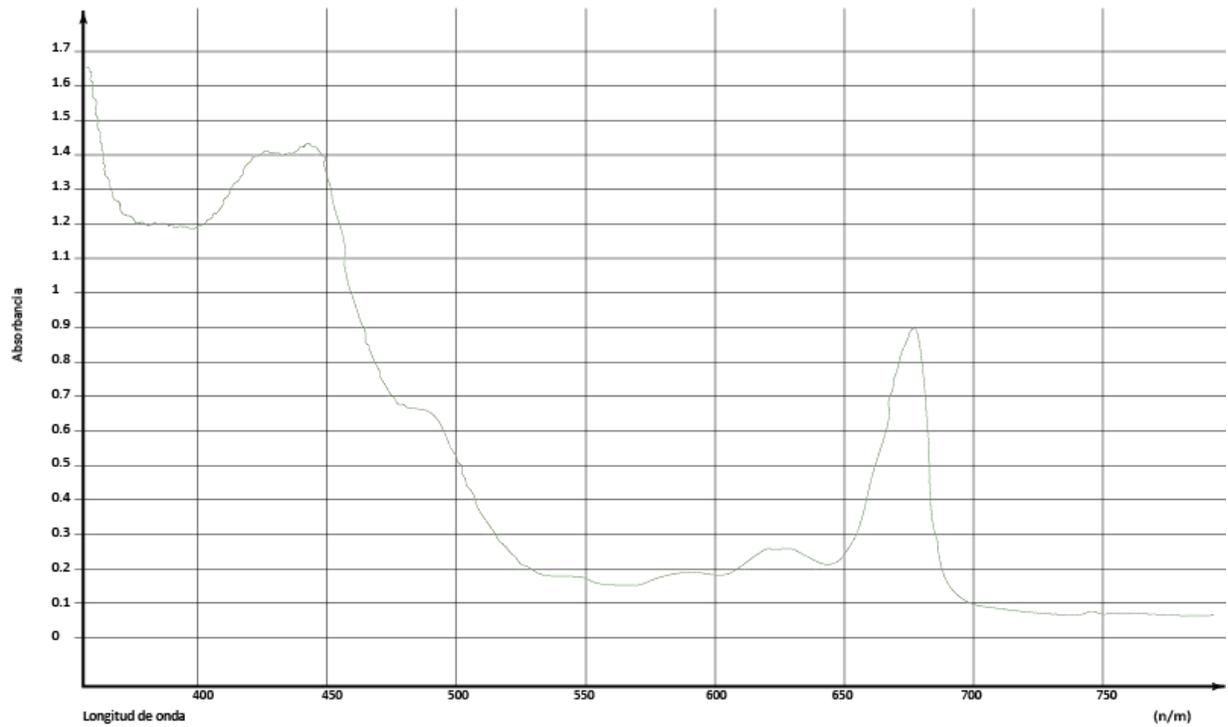
En este caso, la *Ulva* spp., conjuntamente con el solvente etanol, el color verde fue medido por medidas espectrofotométricas, donde se observa una absorbancia máxima a 666 nm, representativa para las clorofilas tipo A.



**Figura 16.** Espectro de color verde - cepa *Ulva* spp. en solvente etanol

Fuente: Elaboración propia.

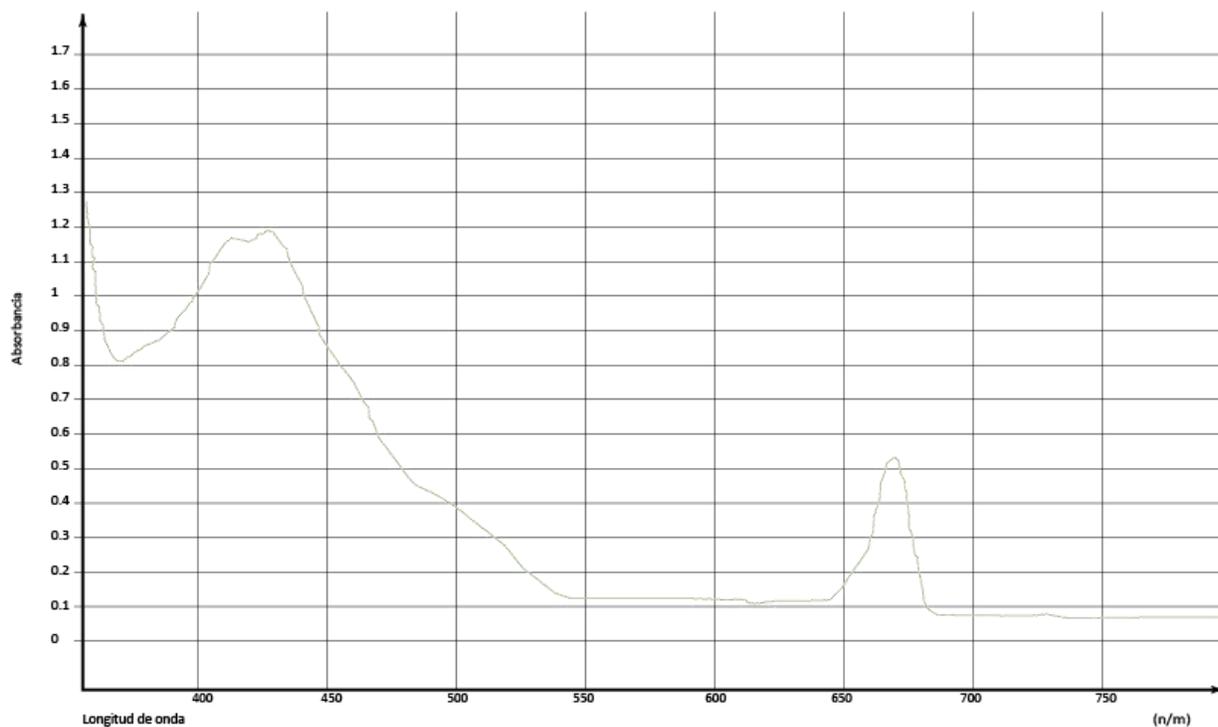
Utilizando la cepa *Grateloupia turuturu* para el color naranja-amarronado se puede observar la absorbancia máxima a 447 nm, obtenida por espectrofotometría, representativa para los carotenoides.



**Figura 17.** Espectro de color naranja - cepa *Grateloupia turuturu*, en solvente acetona

Fuente: Elaboración propia.

Para el color naranja-amarronado obtenido se puede observar la absorbancia máxima a 475 nm, obtenida por espectrofotometría, representativa para los carotenoides.



**Figura 18.** Espectro de color naranja - cepa *Grateloupia turuturu*, en solvente etanol

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, la tabla 7 presenta la longitud de onda máxima correspondiente a los colorantes obtenidos en solvente acetona.

Taxón	Dimensión	Solvente	Pigmento de interés	Color	Absorbancia
<i>Grateloupia Turuturu</i>	Macro	Acetona	Carotenoide	Naranja-marrón	447 nm
<i>Ulva spp.</i>	Macro	Acetona	Clorofila	Verde	635 nm

**Tabla 7.** Niveles de absorbancia en solvente acetona

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 8 representa la longitud de onda máxima correspondiente a los colorantes obtenidos a partir del solvente etanol.

<b>Taxón</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Solvente</b>	<b>Pigmento de interés</b>	<b>Color</b>	<b>Absorbancia</b>
<i>Grateloupia turuturu</i>	Macro	Etanol	Carotenoide	Naranja-Marrón	475 nm
<i>Ulva spp.</i>	Macro	Etanol	Clorofila	Verde	666 nm

**Tabla 8.** Niveles de absorbancia en solvente etanol

Fuente: Elaboración propia.

Luego de analizar las gráficas, se puede observar que para las dos cepas de algas *Grateloupia turuturu* y *Ulva spp.* el rango del pigmento de interés principal es de 475 nm a 666 nm, respectivamente. Para los pigmentos obtenidos a partir de carotenoides y clorofila, el valor de reflectancia es mayor en el solvente etanol, lo cual significa mayor concentración del colorante en la solución.

El estudio espectrofotométrico permitió analizar la presencia de otros colorantes secundarios presentes en los pigmentos extraídos, y su nivel máximo de absorbancia, los cuales serán detallados en las siguientes tablas.

<b>Pigmento</b>	<b>Longitud de onda</b>	<b>Absorbancia</b>
Clorofila A	666 nm	0,91
	414 nm	1,41
Clorofila B	620 nm	0,24
	443 nm	1,43
Betacaroteno	447 nm	0,66

**Tabla 9.** Muestra 1 - *Grateloupia turuturu* y solvente acetona

Fuente: Elaboración propia.

<b>Pigmento</b>	<b>Longitud de onda</b>	<b>Absorbancia</b>
Clorofila A	666 nm	0,55
Clorofila B	618 nm	0,19
Carotenoide	475 nm	0,73
	438 nm	1,15
	420 nm	1,13

**Tabla 10.** Muestra 2 - *Grateloupia turuturu* y solvente etanol

Fuente: Elaboración propia.

<b>Pigmento</b>	<b>Longitud de onda</b>	<b>Absorbancia</b>
Clorofila A	665 nm	0,99
	458 nm	1,38
Clorofila B	666 nm	0,99
	430 nm	1,6

**Tabla 11.** Muestra 3 - *Ulva* spp. y solvente acetona

Fuente: Elaboración propia.

<b>Pigmento</b>	<b>Longitud de onda</b>	<b>Absorbancia</b>
Clorofila A	666 nm	0.86
	436 nm	1.32
Clorofila B	617 nm	3.8
	460 nm	1.2

**Tabla 12.** Muestra 4 - *Ulva* spp. y solvente etanol

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 19.** Pigmentos extraídos. Etanol (arriba), acetona (abajo).

Fuente: Elaboración propia.

### **3.5.2. Coordenadas cromáticas y diferencias de color**

Las coordenadas cromáticas características para cada muestra de textil teñido son representadas por las coordenadas CIELAB y para ello utilizamos la herramienta Color Grab. Su representación se ve reflejada en las siguientes tablas.

Cepa de alga	L	A	B
<i>Grateloupia turuturu</i>	81	1	11
<i>Ulva</i> spp.	58	-6	20

**Tabla 13.** Coordenadas cromáticas de las muestras en frío a partir de macroalgas

Fuente: Elaboración propia.

Cepa de alga	L	A	B
<i>Grateloupia turuturu</i>	84	1	15
<i>Ulva</i> spp.	56	-5	23

**Tabla 14.** Coordenadas cromáticas de las muestras teñidas con calor a partir de macroalgas

Fuente: Elaboración propia.

Analizando las coordenadas cromáticas obtenidas en los dos casos, teñido de la muestra de bambú en exposición al calor y teñido en frío, es posible identificar el beneficio o no de dicha exposición. Finalmente, se calcula la diferencia total de color entre las muestras y así se puede verificar si la repetibilidad del proceso de teñido fue exitosa.

	<i>Grateloupia turuturu</i>	<i>Ulva</i> spp.
$\Delta L^*$	3	-2
$\Delta A^*$	0	-1
$\Delta B^*$	-4	-3
$\Delta E^*$	5,83	3,74

**Tabla 15.** Diferencia de color entre muestras teñidas en frío y las teñidas con calor

Fuente: Elaboración propia.

Al observar los valores  $L^*a^*b^*$  obtenidos para cada cepa de algas en las tablas 13 y 14, se puede determinar objetivamente que las muestras teñidas no presentan el mismo color.

El valor de  $\Delta E$  (diferencia de color) confirma que existe una diferencia de color para las muestras que fueron teñidas con ambas cepas de algas, si comparamos las muestras a las cuales se les aplicó calor durante el proceso de tinción con las que no fueron expuestas al calor durante el proceso.

El valor  $\Delta L$  (claridad/oscuridad del color) evidencia que las muestras tintadas con el colorante a partir del alga *Grateloupia turuturu* utilizando exposición al calor durante el proceso de teñido presentan un color más claro con respecto a las muestras que su proceso fue en frío. En cambio, se puede mencionar que el pigmento de *Ulva* spp. al teñir con calor se comporta de manera diferente, ya que las muestras presentan un color más oscuro en su tonalidad con respecto a las teñidas en frío.

Cepa de alga	L	A	B
<i>Grateloupia turuturu</i>	78	0	14
<i>Ulva</i> spp.	59	-2	19

**Tabla 16.** Coordenadas cromáticas, muestras teñidas con colorantes naturales y ácido cítrico en frío

Fuente: Elaboración propia.

Cepa de alga	L	A	B
<i>Grateloupia turuturu</i>	68	1	7
<i>Ulva</i> spp.	57	-1	9

**Tabla 17.** Coordenadas cromáticas, muestras teñidas con colorantes naturales y ácido cítrico con calor

Fuente: Elaboración propia.

Analizando las coordenadas cromáticas obtenidas en los ambos casos, adicionando ácido cítrico durante el proceso de teñido en exposición al calor y en frío, es posible identificar las diferentes variaciones de tono que resultan de dichos procesos, así como su utilidad de cara a los

resultados finales. Finalmente, se calcula la diferencia total de color entre las muestras y así se puede verificar si la repetibilidad del proceso de teñido fue exitosa.

	<i>Grateloupia turuturu</i>	<i>Ulva spp.</i>
$\Delta L^*$	10	2
$\Delta A^*$	0	-1
$\Delta B^*$	7	10
$\Delta E^*$	12,23	10,24

**Tabla 18.** Diferencia de color entre muestras teñidas con ácido cítrico en frío y las teñidas con calor

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta los valores  $L^*a^*b^*$  obtenidos para cada cepa de algas en las tablas 16 y 17, se puede concluir objetivamente que las muestras teñidas no presentan el mismo color.

El valor de  $\Delta E$  (diferencia de color) confirma que existe una diferencia de color para las muestras teñidas con ambas cepas de algas, cuando se comparan las muestras teñidas aplicando ácido cítrico durante el proceso de tinción con calor, con las muestras teñidas aplicando dicho modificador de color pero en frío durante el proceso de tinción. Este valor ( $\Delta E$ ) también confirma que existe diferencia de color al aplicar ácido cítrico en ambos procesos en comparación con las muestras analizadas en las tablas 13 y 14, las cuales no contienen el modificador ácido cítrico.

En términos del valor  $\Delta L$  (claridad/oscuridad del color), se evidencia que las muestras teñidas con aplicación del modificador ácido cítrico en calor, durante el proceso de teñido a partir del alga *Grateloupia turuturu* y *Ulva spp.*, presentan un color más claro con respecto a las muestras teñidas en frío con el mismo modificador. En adición a esto, las muestras a las cuales se les aplicó el colorante obtenido a partir del alga *Grateloupia turuturu* en exposición al calor resultan en

tonalidades más claras luego de aplicar el modificador ácido cítrico, esto en comparación con las muestras teñidas con la misma alga sin aplicación del modificador de color.

En el caso de las muestras teñidas a partir del alga *Ulva* spp. con modificador de color ácido cítrico, se observa que el empleo de dicho modificador en exposición al calor aclara el tono de las muestras obtenidas, sin embargo, cuando realizamos el mismo proceso en frío, modifica el tono hacia los amarillos y marrones.

Cepa de alga	L	A	B
<i>Grateloupia turuturu</i>	74	-4	7
<i>Ulva</i> spp.	72	3	22

**Tabla 19.** Coordenadas cromáticas, muestras teñidas con colorantes naturales y sulfato ferroso en frío

Fuente: Elaboración propia.

Cepa de alga	L	A	B
<i>Grateloupia turuturu</i>	76	-1	5
<i>Ulva</i> spp.	66	-7	10

**Tabla 20.** Coordenadas cromáticas, muestras teñidas con colorantes naturales y sulfato ferroso con calor

Fuente: Elaboración propia.

Analizando las coordenadas cromáticas obtenidas en los dos casos, adicionando sulfato ferroso durante ambos procesos de teñido (en exposición al calor y en frío), es posible identificar las diferentes variaciones de tono que resultan, así como su utilidad de cara a los resultados finales. Finalmente, se calcula la diferencia total de color entre las muestras y así se puede verificar si la repetibilidad del proceso de teñido fue exitosa.

	<i>Grateloupia turuturu</i>	<i>Ulva spp.</i>
$\Delta L^*$	-2	6
$\Delta A^*$	-3	-4
$\Delta B^*$	-2	12
$\Delta E^*$	4,12	16,7

**Tabla 21.** Diferencia de color entre muestras teñidas con sulfato ferroso en frío y las teñidas con calor

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta los valores  $L^*a^*b^*$  obtenidos para cada cepa de alga en las tablas 19 y 20, se puede concluir que las muestras teñidas no presentan el mismo color. El valor de  $\Delta E$  (diferencia de color) confirma que existe una diferencia de color para las muestras teñidas con ambas cepas de algas cuando se comparan con las que se le aplicó sulfato ferroso durante el proceso de tinción con calor, con las muestras teñidas aplicando sulfato ferroso sin calor durante el proceso de tinción.

El valor ( $\Delta L$ ) nos confirma que no existe diferencia de color significativa al aplicar sulfato ferroso mediante el proceso con calor, en comparación con las muestras analizadas en las tablas 13 y 14 (con el mismo proceso), las cuales no contienen el modificador de color sulfato ferroso.

El valor  $\Delta L$  (claridad/oscuridad del color) evidencia que las muestras teñidas con aplicación del modificador sulfato ferroso sin calor durante el proceso de teñido a partir del alga *Grateloupia turuturu* presentan un color más oscuro con respecto a las muestras teñidas con el mismo proceso sin el modificador de color. No obstante, se puede observar que las muestras teñidas con el colorante obtenido a partir del alga *Ulva spp.* adicionando sulfato ferroso en frío resultan en tonalidades más claras luego de aplicar el modificador. Esto en comparación con las muestras

teñidas con la misma alga sin aplicación del modificador de color pero con el mismo procedimiento.

### 3.5.4 Pruebas de solidez

En la siguiente tabla se pueden observar los resultados obtenidos de las pruebas de solidez de las muestras teñidas con el colorante del alga *Grateloupia turuturu* y *Ulva* spp. Los resultados son frente al frote en húmedo y seco, al lavado y a la exposición a la luz.

Pigmento	Luz	Lavado		Frote	
		Decoloración	Sangrado	Húmedo	Seco
<i>Grateloupia uruturu</i>	4/5	5	5	4/5	5
<i>Ulva</i> spp.	1/2	5	5	5	5
<i>Grateloupia turuturu</i> y ácido cítrico	3/4	5	5	5	5
<i>Ulva</i> spp. y ácido cítrico	1/2	5	5	4	5
<i>Grateloupia turuturu</i> y sulfato ferroso	4/5	5	5	4	4/5
<i>Ulva</i> spp. y sulfato ferroso	1/2	5	5	4/5	5
<i>Grateloupia turuturu</i> con calor	4/5	5	5	5	5
<i>Ulva</i> spp. con calor	1/2	5	5	5	5
<i>Grateloupia turuturu</i> y ácido cítrico con calor	4/5	5	5	5	5
<i>Ulva</i> spp. y ácido cítrico con calor	4/5	5	5	4/5	4/5
<i>Grateloupia turuturu</i> y sulfato ferroso con calor	5	5	5	4/5	5
<i>Ulva</i> spp. y sulfato ferroso con calor	1/2	5	5	4	5

**Tabla 22.** Rendimiento de los pigmentos a las pruebas de solidez efectuadas

Fuente: Elaboración propia.

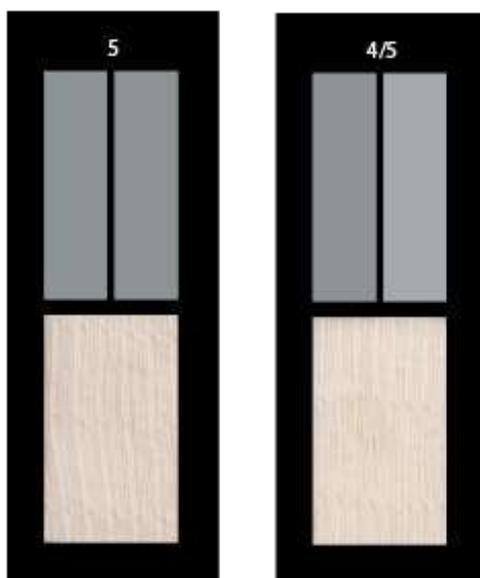
Al observar los puntajes expuestos en la tabla 22 se puede concluir que durante la prueba de solidez al frote en seco los resultados más satisfactorios los obtuvieron las muestras que presentaban tonalidades medias y claras, como las muestras teñidas a partir del alga *Grateloupia turuturu* y las muestras obtenidas a partir de *Ulva* spp. con modificador de color ácido cítrico. Las muestras teñidas con *Ulva* spp. en frío y calor obtuvieron un puntaje menor pero aceptable.

Durante las pruebas de solidez al frote en húmedo, los resultados presentan el mismo patrón. Las muestras con tonalidades más intensas tienen un rendimiento aceptable, pero existe transferencia de color; las puntuaciones más altas obtenidas son de 4. En general, el rendimiento es de bueno a excelente, dependiendo la intensidad del color de las muestras.



**Figura 20.** Prueba de solidez al frote en húmedo. *Ulva* spp., teñido en frío y ácido cítrico (izquierda) y *Grateloupia turuturu*, teñido en frío y sulfato ferroso (derecha)

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 21.** Prueba de solidez al frote en seco. *Ulva* spp., teñido en frío y ácido cítrico (izquierda) y *Grateloupia turuturu*, teñido en frío y sulfato ferroso (izquierda)

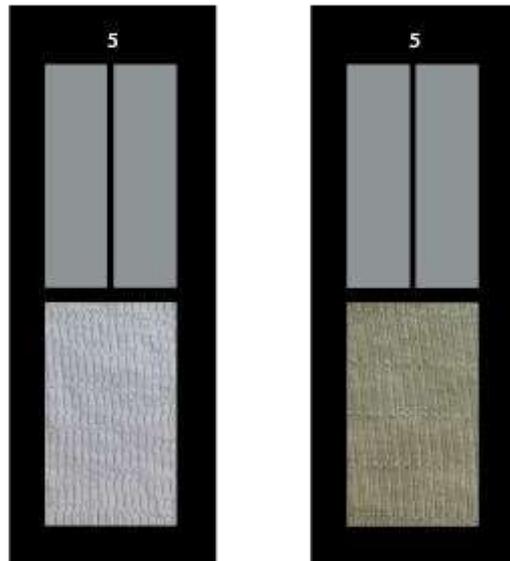
Fuente: Elaboración propia.

Respecto a los ensayos realizados para la solidez al lavado, los resultados fueron los mismos para todas las muestras. Las muestras teñidas a partir de los colorantes obtenidos con ambas cepas de algas presentan un excelente rendimiento frente al lavado, con puntuaciones de 5 para la decoloración. No se observó transferencia de color a la muestra testigo en ninguna de las 12 muestras teñidas, por lo que el valor en la escala fue también de 5 para el sangrado. Se arriba a la conclusión de que el proceso de mordentado aplicado a las fibras fue satisfactorio y resulta indicado, logrando que se fije el color de forma exitosa.



**Figura 22.** Prueba de solidez frente al lavado - sangrado, textil crudo

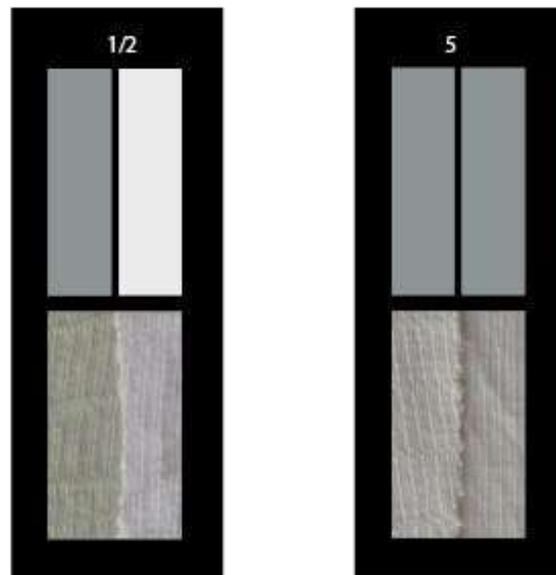
Fuente: Elaboración propia.



**Figura 23.** Prueba de solidez frente al lavado - decoloración. *Grateloupia turuturu*, teñido en frío y ácido cítrico (izquierda) y *Ulva* spp., teñido en frío y ácido cítrico (derecha)

Fuente: Elaboración propia.

Para la prueba de resistencia a la luz, se utilizó la escala de grises empleada para medir la solidez al lavado-decoloración. Se colocaron las 12 muestras con la mitad expuesta a la luz natural y la mitad bloqueada con una cartulina negra durante 72 horas. Como conclusión se puede mencionar que en su mayoría no tienen buena solidez frente a la luz, siendo un comportamiento esperable debido a su capacidad oxidativa. Las muestras textiles que se sometieron a la prueba obtuvieron en su mayoría valores  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{3}{5}$  y 5. El paso del tiempo y la exposición prolongada a la luz hacen que pierdan su color fácilmente.



**Figura 24.** Prueba de solidez frente a la luz. *Ulva* spp., teñido en frío (izquierda) y *Grateloupia turuturu*, teñido con calor y sulfato ferroso (derecha)

Fuente: Elaboración propia.

### 3.5.5 Paleta sugerida

A partir de los colores que se obtuvieron con base en el proceso de teñido con las algas *Grateloupia turuturu* y *Ulva* spp., se sugiere una paleta de colores cálidos, que oscilan entre los

tonos grises, crudo y beige hasta llegar al verde. Podemos observar una correspondencia con la paleta de color Pantone Coated, CMYK.



**Figura 25.** Paleta de color

Fuente: Elaboración propia.

# Conclusiones

Los procedimientos aplicados, así como las técnicas instrumentales empleadas y los resultados que se extraen a partir ellas, posibilitan llegar a las siguientes conclusiones:

- Según los resultados obtenidos, se puede afirmar que de ambas cepas de algas (*Grateloupia turuturu* y *Ulva* spp.) se pueden obtener tintes naturales aplicables a la fibra de bambú.
- En el extracto de los colorantes están presentes la clorofila tipo A en la cepa de alga *Ulva* spp. y los carotenoides, entre ellos el B-caroteno, en el alga *Grateloupia turuturu*.
- El estudio de los colorantes obtenidos mediante el análisis espectrofotométrico permitió detectar que cada solvente tiene diferente poder extractivo en función de la especie. Con etanol se produjo un mayor rendimiento tanto para la extracción de carotenoides como clorofilas, en comparación con el solvente acetona.
- En caso de que se pretenda llevar a cabo una producción de tintes a escala industrial, se debe explorar la posibilidad de crear un sistema de cultivo de algas (respetuoso con el ambiente) de forma tal que se asegure y preserve la continuidad de las especies.
- Empleando algas recolectadas en las playas de Rocha en estado seco, se obtuvo una paleta de colores con tonalidades más claras en comparación con el alga fresca.
- Esta resaca de algas puede encontrarse en mayor volumen en los meses de verano y es recogida por los municipios ya que se considera un desecho, de modo tal que puede revalorizarse y convertirse en insumo para los tintes.

- Para la aplicación de los colorantes extraídos sobre los tejidos de bambú, se necesita realizar un premordentado que asegure la fijación del color a la fibra. El análisis de solidez frente al lavado nos permitió concluir que el mordentado aplicado es el adecuado.
- A partir del estudio de las coordenadas cromáticas de las muestras teñidas con el colorante *Grateloupia turuturu*, se puede concluir que presentan tonalidades más oscuras aplicando el teñido en proceso frío que aplicando calor. Lo contrario sucede con las muestras teñidas con *Ulva* spp., ya que presentan tonalidades más oscuras cuando se tiñe en exposición al calor.
- Las muestras teñidas con el alga *Grateloupia turuturu* presentan tonalidades muy claras y similares entre sí, a pesar de variar los procesos y modificadores de color. En este sentido, los resultados no son tan notorios como en el caso de las muestras teñidas con el alga *Ulva* spp.
- Durante los ensayos de solidez, los resultados arribados en las pruebas de resistencia al lavado muestran un comportamiento excelente en las condiciones analizadas.
- Las pruebas de resistencia a la luz solar no obtuvieron buenos resultados en la totalidad de las muestras estudiadas, lo que es esperable debido al poder oxidativo de los pigmentos extraídos.
- En el caso de la solidez frente al frote en seco, los resultados fueron muy buenos para las 12 muestras sometidas a estudio y en el frote en húmedo se presentan resultados notoriamente más bajos, generándose una transferencia de color perceptible.
- El agua utilizada para el enjuague de la tinción y efluentes del proceso, puede resultar contaminante si se utilizan químicos durante el proceso de tinción.

- A raíz de la investigación realizada, se reflexiona sobre el hecho de utilizar algas frescas que se debe cortar del mar (de manera responsable) para obtener teñidos con tonalidades más intensas, conduciendo a repensar y cuestionar lo ético de dicho proceso. Ya que estos organismos son vitales para el ecosistema marino, así como también son muy utilizados como alimento humano.
- Como resultado de la investigación, es posible afirmar que con ambas cepas de algas (*Grateloupia turuturu* y *Ulva* spp.) es factible realizar teñidos naturales aplicados a la fibra de bambú en las condiciones desarrolladas en la experimentación. El presente trabajo marca un camino a seguir hacia diferentes líneas de investigación que permitirán conocer otros métodos eficaces de extracción de los colorantes, procesos de teñido más optimizados y aplicados a un rango de textiles más amplio, buscando ser respetuosos con el ambiente, el proceso y los resultados.

# Glosario

Este glosario fue creado utilizando definiciones de distintos autores con el fin de ayudar en la comprensión de los términos que atraviesan la investigación, procurando dar una idea más clara de su enfoque.

## **Algas:**

“Las algas pertenecen al reino Protista, es decir, aquel que agrupa a los organismos que no pueden ser considerados animales, plantas, hongos o bacterias. [...] Poseen una estructura simple llamada talo en lugar de raíz, tallo y hojas o tejido vascular, ya que al vivir dentro del agua no necesitan de esos órganos para absorber. Son organismos formados por células eucariotas (con núcleo) y se dividen en unicelulares –suelen formar parte del fitoplancton– y pluricelulares, aunque no se agrupan formando tejidos, sino que todas las células realizan todas las funciones” (Aquaefundación, s. f.).

## **Ambiente (“y no medio ambiente”):**

“Comúnmente se refiere al sistema de variables fisicoquímicas en las que habitan los seres vivos. Sin embargo, en Ciencias Ambientales se trabaja un concepto amplio de ambiente, considerando no sólo la dimensión ecológica, sino también las dimensiones sociales, económicas, políticas y culturales. De ahora en más, cada vez que leamos ‘ambiente’ en este glosario debemos pensar en las múltiples dimensiones y no solo en los aspectos ecológicos” (Rodríguez, 2021).

**Azo:**

“Los tintes ‘azo’ son el grupo químico más importante de tintes y colorantes en la industria textil, alcanzando el 70% de los tintes orgánicos en el mercado. [...] Se dividen en solubles tintes e insolubles pigmentos, los solubles a su vez en hidrosolubles y liposolubles” (Ecotintes, s. f.).

**Bambú:**

“La tela de bambú está hecha de una fibra natural derivada de la planta de bambú. El bambú es conocido desde hace mucho tiempo por sus cualidades estructurales [...] Cuando se fabrica de una manera específica, la tela de bambú es un textil sostenible y biodegradable con cualidades de protección antibacteriana y UV, lo que lo convierte en uno de los materiales de tela más distintivos y ecológicos de la actualidad” (Barrera, 2021).

**Biodegradable:**

“Es la capacidad de un material de descomponerse mediante la acción de bacterias, hongos, y distintos organismos. Para que un material biodegradable se descomponga necesitamos que se den ciertas condiciones como, temperatura, humedad, pH adecuado, ausencia de algunos metales pesados” (Rodríguez, 2021).

**Cambio climático:**

“Refiere a las variaciones sostenidas en el tiempo (10 años o más) del sistema climático. Hoy por hoy se entiende como una de las principales amenazas que afectan a la humanidad y se entiende que sus causas son antropogénicas. Según la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) se define cambio climático como ‘un cambio de clima que se

atribuye directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global y que se suma a la variabilidad climática natural observada durante un tiempo comparable períodos” (Rodríguez, 2021).

### **Certificaciones:**

“Son certificaciones dadas por organismos reconocidos que aseguran que una empresa, proceso o producto cumple con determinados estándares ambientales. Esto permite etiquetar el producto y aumentar su valor y la confianza de los consumidores. Dentro de los más conocidos están GOTS (Global Organic Textile Standard), BCI (Better Cotton Initiative), FWF (Fair Wear Foundation), Oeko-Tex 100, estándares de ISO 14000, C2C, entre otros” (Rodríguez, 2021).

### ***Cradle-to-cradle (C2C) (de la cuna a la cuna):***

“Es un sistema de ciclo de vida del producto cerrado, es decir de circuito cerrado y por lo tanto no hay residuos o son mínimos. Los ‘residuos’ son reinsertados en el sistema productivo o en el ambiente de manera segura, lo que implica que no se utilizan sustancias nocivas en los procesos. Existe la certificación C2C, que tiene varios niveles y estándares. La idea nace como una crítica al sistema lineal convencional, en el que se producen los productos, se usan y se tiran (de la cuna a la tumba)” (Rodríguez, 2021).

### **Desarrollo sostenible:**

“Se le llamó así al tipo de desarrollo económico que pretende alinearse con los parámetros de la sustentabilidad. Fue definido en 1987 en el Informe Brundtland, como aquel desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones de satisfacer sus propias necesidades” (Rodríguez, 2021).

**Economía circular:**

“Es un modelo económico que busca eliminar las salidas (pérdidas) de materiales y energía de los sistemas productivos, cuidando los recursos de la manera más eficiente posible. Sus principios más conocidos son: diseñar sin desperdicios ni contaminación, mantener los materiales en circulación, y regenerar los sistemas naturales. La EC tiene muchas ventajas, pero no debemos olvidar incluir la dimensión social, ya que, si bien se contempla, no se encuentra dentro de los factores prioritarios de este modelo” (Rodríguez, 2021).

**Ecosistema:**

“Es un sistema biológico constituido por las interacciones de organismos biológicos y el contexto físico-bio-químico que habitan” (Rodríguez, 2021).

**Huella de carbono:**

“Es un indicador ambiental que estima la cantidad de gases de efecto invernadero que son emitidos directa o indirectamente en un proceso o en un conjunto de procesos. Se mide en masa de CO<sub>2</sub> equivalente” (Rodríguez, 2021).

**Manta de calor:**

“Equipo empleado para diversos procesos como por ejemplo la extracción Soxhlet, kjeldahl, destilación y evaporación y ebullición. Principalmente se usan para aplicar calor de manera uniforme sin crear agua condensada a varios recipientes con muestras en su interior, puede llegar a temperaturas elevadas de 450 °C. Pueden tardar en calentarse y en enfriarse, por lo que, se recomienda precalentar antes de utilizarla. Pueden variar su tamaño, temperaturas, potencias;

pueden ser agitadoras o no agitadoras. Generalmente es muy utilizado en los laboratorios de química y biología” (Resistencias y Equipos, 2020).

### **Metales pesados:**

“Son metales que, a pesar de que son naturales, son tóxicos para la salud humana y para los ecosistemas. Son muy usados en la industria textil y vestimenta, sobre todo en los acabados textiles. Algunos de ellos son el cromo, el cadmio, el plomo, y el mercurio. Parte de su principal problema es que se van acumulando en los tejidos celulares a lo largo de los años y son transferidos a través de la cadena trófica” (Rodríguez, 2021).

### **Moda rápida (*fast fashion*):**

“Modelo del sistema de la moda que se basa en la fabricación rápida de productos, de bajo costo y baja calidad, respondiendo a tendencias estéticas de alta obsolescencia. La MODA RÁPIDA fue acelerada por la globalización y la concentración de la producción en países no desarrollados, habilitando la explotación laboral, la carrera por el bajo costo y el sobreconsumo” (Rodríguez, 2021).

### **Moda sustentable:**

“Es un sistema de moda que responde a los principios de la SUSTENTABILIDAD, teniendo un impacto ambiental tan bajo que puede sostenerse en el tiempo sin alterar la resiliencia de los ecosistemas naturales. Este enfoque debe contemplar todas las dimensiones ambientales: social, ecológica, económica, política, y cultural” (Rodríguez, 2021).

**Orgánico:**

“Característica de un material o producto que no emplea en su producción productos químicos dañinos para la salud o los ecosistemas. Por ejemplo, el algodón orgánico implica que en su cultivo no se utilizan pesticidas artificiales, fertilizantes elaborados con ingredientes artificiales, ni semillas genéticamente modificadas, entre otros puntos. Para que un producto se defina como orgánico debe contar con alguna de las CERTIFICACIONES avaladas por el gobierno local o por organismos reconocidos internacionalmente” (Rodríguez, 2021).

**Residuos sólidos textiles:**

“Son aquellos que tienen una materialidad sólida, y los más atractivos para el reciclaje o reutilización. Otros tipos de residuos pueden ser líquidos o gaseosos” (Rodríguez, 2021).

**Sustentabilidad:**

“Es una forma de habitar al mundo en la que los humanos (desde lo individual hasta organizaciones de mayor escala, como los gobiernos) son responsables de atender el futuro de la humanidad gestionando los recursos naturales de forma ecológica y socialmente responsable”. Hay muchas formas de definir la SUSTENTABILIDAD, esta es una personal, basada en textos de John Ehrenfeld (1999). El gran conflicto se da ante la pregunta: ¿Cómo abordarla? ¿Cuál es el camino para llegar a ella? Aquí es donde nos encontramos con múltiples alternativas y con el desafío de siempre hacer un análisis integral para encontrar la mejor opción para ese contexto particular. Conservar la honestidad y la TRANSPARENCIA para no caer en el GREENWASHING” (Rodríguez, 2021).

**Taxonomía:**

“Ciencia que trata de los principios, métodos y fines de la clasificación. Se aplica en particular, dentro de la biología, para la ordenación jerarquizada y sistemática, con sus nombres, de los grupos de animales y de vegetales” (RAE, s. f.). Mediante los taxones podremos clasificar las algas fácilmente y agruparlas para nuestra investigación.

## Referencias bibliográficas

Ananas Anam (2017). *Ananas Anam*. <https://www.ananas-anam.com/about-us/>

Aquae Fundación (s. f.). *Ni plantas, ni hongos, ni bacterias... solo algas*. Aquae Fundación.

<https://www.fundacionaquae.org/wiki/ni-plantas-ni-hongos-ni-bacterias-solo-algas/>

Autóctona (s. f.). *Línea Biocosmética Algas*. <https://autoctona.com.uy/>

Barrera, T. (2021). Tela de bambú y sostenibilidad: todas tus preguntas están respondidas. *The*

*Techfashionista*, 16 de octubre. <https://thetechfashionista.com/es/tela-de-bambu-sostenibilidad/>

BBC News (2010). Ladrillos con lana y algas: más resistentes y sustentables. *BBC News*, 14 de

octubre. [https://www.bbc.com/mundo/noticias/2010/10/101014\\_ladrillos\\_lana\\_am](https://www.bbc.com/mundo/noticias/2010/10/101014_ladrillos_lana_am)

Biosca, A. (2014). *De fashion victim a consumidor consciente, Un viaje para vivir la moda*

*sostenible en 6 pasos*. The Slowear Project. <https://docplayer.es/31293598-De-fashion-victim-a-consumidor-consciente-un-viaje-para-vivir-la-moda-sostenible-en-6-pasos.html>

Calvo, M. (2001). *Carotenoides. Bioquímica de los alimentos*.

<http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/pigmentos/carotenoides.html>

Castellanos Cuéllar, C.; Velandia Cabra, J.; González Curbelo, M.; Varela Martínez, D. y Ramírez

Valencia, E. (2018). *Aplicaciones y generalidades de un espectrofotómetro UV-VIS UV-1800*

*de Shimadzu*. EAN Universidad. <https://editorial.universidadean.edu.co/media/acceso-abierto/aplicaciones-y-generalidades-de-un-espectrofotometro-uv-vis-uv-1800-ean.pdf>

CEPAL (s. f.). *Acerca de desarrollo sostenible*. CEPAL.

<https://www.cepal.org/es/temas/desarrollo-sostenible/acerca-desarrollo-sostenible>

- Cerdá, E. y Khaliloba, A. (2016). Economía circular. *Economía Industrial*, 401: pp. 11-20.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5771932>
- Cerdá, M. F. (2022). A small-sized DSSC panel based on the Uruguayan national flower dye tested at the Antarctic Artigas Base. *EPJ Photovoltaics*, 13(2). <https://www.epj-pv.org/articles/epjpv/abs/2022/01/pv210015/pv210015.html>
- Chávez, B. (2017). *Tu consumo puede cambiar el mundo. El poder de tus elecciones responsables, conscientes y críticas*. Península Atalaya.  
[https://www.planetadelibros.com/libros\\_contenido\\_extra/36/35360\\_Tu\\_consumo\\_puede\\_cambiar%20mundo\\_10176017.pdf](https://www.planetadelibros.com/libros_contenido_extra/36/35360_Tu_consumo_puede_cambiar%20mundo_10176017.pdf)
- Cobbing, M. y Vicaire, Y. (2018). *Destino cero: Siete años desintoxicando la industria de la moda*. Greenpeace. [https://es.greenpeace.org/es/wp-content/uploads/sites/3/2018/07/Toxic\\_ES\\_v1.pdf](https://es.greenpeace.org/es/wp-content/uploads/sites/3/2018/07/Toxic_ES_v1.pdf)
- Comisión Europea (2022). *Un pacto verde europeo*. Comisión Europea.  
[https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal\\_es](https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_es)
- Comisión Europea (2020). Pacto Verde: nuevas propuestas para hacer de los productos sostenibles la norma y fomentar la independencia de Europa en materia de recursos. *Comisión Europea, 30 de marzo*.  
[https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/es/ip\\_22\\_2013](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/es/ip_22_2013)
- Contreras, R. (2007). *El origen del color en la naturaleza. Una introducción a la química del color*. Universidad de Los Andes, Vicerrectorado Académico CODEPRE.

De Bon, M.; Hurtado, J.; Enciso, P.; Armeli, S. y Cerdá, M. F. (2017). Caracterización de pigmentos extraídos de algas rojas de la Antártida para su posible uso en celdas solares del tipo DSSC. *INNOTEC*, 14: 44-49. <https://doi.org/10.26461/14.02>

Delamare, F. y Guineau, B. (2000). *Los colores. Historia de los pigmentos y los colorantes*. Ediciones B.

DS Automobiles (2021). DS Automobiles reveals eco conscious fashion collection that absorbs CO2. *DS Automobiles*, 2 de marzo. <https://www.dsautomobiles.co.uk/inside-ds/ds-news/eco-conscious-fashion-collection>

Ecotintes (s. f.). *Tintes peligrosos*. Ecotintes. <http://www.ecotintes.com/content/tintes-peligrosos>

Egan, J. y Salmon, S. (2021). Estrategias y progreso en la biodegradabilidad de fibras textiles sintéticas. *SN Applied Science*, 4. <https://doi.org/10.1007/s42452-021-04851-7>

ETAD (s. f.). *ETAD*. <https://etad.com/>

FAO (2014). *Gracilaria spp.* FAO. [https://www.fao.org/fishery/es/culturedspecies/gracilaria\\_spp/en](https://www.fao.org/fishery/es/culturedspecies/gracilaria_spp/en)

Futuro 360 (2021). Una solución verde: La ropa hecha de algas podría ser el futuro de la industria textil. *Futuro 360*, 15 de octubre. [https://www.futuro360.com/desafiotierra/industria-textil-ropa-algas\\_20211015/](https://www.futuro360.com/desafiotierra/industria-textil-ropa-algas_20211015/)

Glover, E. (2022). Fast fashion is wreaking havoc on Chile's Atacama Desert. *Metro*, 30 de marzo. <https://metro.co.uk/2022/03/30/fast-fashion-is-wreaking-havoc-on-chiles-atacama-desert-16366080/>

- González Etchebehere, L. (2017). *Caracterización espacio-temporal de la comunidad de macroalgas de la costa de Rocha (Uruguay): una perspectiva florística y funcional*. Tesina para optar por el grado de Licenciado en Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias, Udelar. <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/17328>
- Gwilt, A. (2015). *Moda sostenible: una guía práctica*. Editorial GG.
- Haryatfrehnia, R.; Dewia, S.; Meiliandaa, A.; Rahmawatia, S. y Ratna Saria, I. (2015). *Preliminary study the potency of macroalgae in Yogyakarta: Extraction and Analysis of algal pigments from common gunungkidul seaweeds*. 2nd Humboldt Kolleg in conjunction with International Conference on Natural Sciences, HK-ICONS. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876619615000522>
- Harley, C.; Anderson, K.; Demes, K.; Jorve, J.; Kordas, R. y Coyle, T. (2012). Effects of climate change on global seaweed communities. *Journal of Phycology*, 48(5): 1064-1078. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27011268/>
- Hollen. N y Saddler. J. (2001). *Introducción a los textiles*. LIMUSA.
- Infobae (2021). Moda tóxica: impactantes imágenes muestran un colosal “cementerio de ropa” en el desierto de Atacama. *Infobae*, 11 de noviembre. <https://www.infobae.com/america/medio-ambiente/2021/11/11/moda-toxica-impactantes-imagenes-muestran-un-colosal-cementerio-de-ropa-en-el-desierto-de-atacama/>
- Instituto Uruguayo de Normas Técnicas (2022). *Reglamentación*. <https://www.unit.org.uy/>
- Konica Minolta (s. f). *Entendiendo el espacio de color CIE.L\*A\*B\**. Konica Minolta. <https://sensing.konicaminolta.us/mx/blog/entendiendo-el-espacio-de-color-cie-lab/>

- La Colonia Digital (2020). Una nueva edición de la Limpieza Internacional de Costas. *La Colonia Digital*, 7 de noviembre. <https://www.lacoloniadigital.com.uy/una-nueva-edicion-de-la-limpieza-internacional-de-costas/>
- Lockuán Lavado, F. E. (2012). *La industria textil y su control de calidad. Tintorería*. Fidel Lockuán. <https://fidel-lockuan.webs.com/>
- López, B. (2022). Carotenoides. *Lifeder*, 24 de mayo. <https://www.lifeder.com/carotenoides/>
- Macroalgas Marinas de Uruguay (2020). Afiche sobre la extracción e información nutricional de la lechuga de mar. <https://macroalgas.webnode.com.uy/menu/>
- Maldonado, P. (2016). *Usa bambú. Desarrollo de un artículo textil a partir de fibras de especies de bambú existentes en Uruguay*. Trabajo final de grado, EUCD, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Udelar. <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/9125>
- Marcano, D. (2018). *Introducción a la química de colorantes*. Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales. <http://saber.ucv.ve/bitstream/10872/19390/1/colorantes%20listo%20%2Bisbn.pdf>
- Marija Cikos, A.; Subaric, D.; Roje, M.; Babic, J.; Jerkovic, I. y Jokic, S. (2022). Recent advances on macroalgal pigments and their biological activities (2016–2021). *Algal Research*, 65. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2211926422001199>
- Marrone, L. (2015). *Tintes naturales. Técnicas ancestrales en un mundo moderno*. Editorial Dunken.

- Martínez Barreiro, A. (2008). Hacia un nuevo sistema de la moda. El modelo Zara. *Revista Internacional de Sociología*, LXVI(51): 105-122.  
<https://revintsociologia.revistas.csic.es/index.php/revintsociologia/article/view/111/112>
- Martínez Ayala (s. f.). *Tipos de colorantes y su fuente de extracción*. Martínez Ayala.  
<https://martinezayala.com/tipos-de-colorantes-y-su-fuente-de-extraccion#:~:text=Los%20pigmentos%20o%20tintes%20de,trabajadores%20de%20las%20plantas%20y>
- Martínez, L.; Álvarez, H. y Del Val, S. (2010). *Guía para el teñido de seda con colorantes naturales*.  
s. e.  
[https://www.academia.edu/7230871/Te%C3%B1ido\\_de\\_seda\\_natural\\_con\\_colorantes\\_naturales\\_29\\_05\\_13](https://www.academia.edu/7230871/Te%C3%B1ido_de_seda_natural_con_colorantes_naturales_29_05_13)
- McDonough, W. y Braungart, M. (2005). *Cradle to cradle*. McGraw Hill.
- Ministerio de Ambiente (2021). Avances en el ingreso de nuevas áreas marinas protegidas.  
*Ministerio de Ambiente*, 15 de diciembre. <https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/comunicacion/noticias/avances-ingreso-nuevas-areas-marinas-protegidas>
- Moldovan, S. (2016). *Investigación del proceder de tintura sobre tejidos de algodón con colorantes naturales extraídos de micro y macro algas: Arthrospira platensis, Synechococcus sp., Ulva spp.* AITEX, Universidad Politécnica de Valencia.  
<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/73893/MOLDOVAN%20-%20COLORANTES%20NATURALES%20PARA%20FIBRAS%20TEXTILES%20A%20PARTIR%20DE%20ALGAS.pdf?sequence=1>

Molina, F. (2019). *Evaluación del tratamiento y re-uso de efluentes textiles en el proceso de teñido de algodón como alternativa de reducción de la contaminación ambiental Caso: Franky y Ricky S.A.* Universidad Nacional de San Agustín de Aconcagua.

<http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/20.500.12773/12986>

Mottillo, F. (2021). *Desarrollo de tinta textil serigráfica a partir de insumos de origen natural.*

Trabajo final de grado, EUCD, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Udelar.

<https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/27983>

Naciones Unidas (s. f.). *Sostenibilidad.* Naciones Unidas, Impacto Académico.

<https://www.un.org/es/impacto->

[acad%C3%A9mico/sostenibilidad#:~:text=En%201987%2C%20la%20Comisi%C3%B3n%20Brundtland,mundo%20que%20buscan%20formas%20de](https://www.un.org/es/impacto-acad%C3%A9mico/sostenibilidad#:~:text=En%201987%2C%20la%20Comisi%C3%B3n%20Brundtland,mundo%20que%20buscan%20formas%20de)

Naciones Unidas (2020). ¿Son las algas marinas la solución definitiva para acabar con el hambre y reducir el cambio climático? *Naciones Unidas News*, 24 de noviembre.

<https://news.un.org/es/story/2020/11/1484552>

Naciones Unidas (2019). El costo ambiental de estar a la moda. *Naciones Unidas News*, 12 de abril. <https://news.un.org/es/story/2019/04/1454161>

Naciones Unidas (2015). *17 Objetivos de desarrollo sostenible.* Naciones Unidas <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>

Nueno, J. L.; Mora, C. y Montserrat, J. (2003). El sector de la distribución textil en España. *Boletín ICE Económico*, 2768: 19-26. <http://www.jlnueno.com/wordpress/wp-content/uploads/El-sector-de-la-distribuci%C3%B3n-textil-en-Espa%C3%B1a-Revista-ICE.pdf>

Orozco, R. (s. f.) *Espectrofotómetros UV/VIS. Análisis instrumental*.  
<https://slideplayer.es/slide/22824/>

Osorio, F. y Espinoza, I. (2009). *Calibración de un espectrofotómetro UV-Visible y evaluación de la incertidumbre*. Tesis para optar al título de Licenciado en Química, Facultad de Ciencias y Tecnología, Universidad Ean.

Pacto Global Red México (2021). Pacto Mundial de las Naciones Unidas, la Lloyd's Register Foundation y el CNRS lanzan 'Safe Seaweed Coalition' para impulsar una industria sostenible. *Pacto Mundial*, 16 de marzo. <https://www.pactomundial.org.mx/pacto-mundial-de-las-naciones-unidas-la-lloyds-register-foundation-y-el-cnrs-lanzan-safe-seaweed-coalition-para-impulsar-una-industria-sostenible/>

Papa, E. (2018). Teint. *Investigación de tintes naturales, aplicado a la lana como fibra natural aplicado a la lana como fibra natural*. Tesis de grado, EUCD, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Udelar. <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/20274>

Pesok, J. C. (2017). *El color su percepción y medición*. s. e.  
[https://www.academia.edu/9441141/El\\_Color\\_Su\\_percepci%C3%B3n\\_y\\_su\\_medici%C3%B3n](https://www.academia.edu/9441141/El_Color_Su_percepci%C3%B3n_y_su_medici%C3%B3n)

Quarneti, F. (2021). Microsoft propone usar cáñamo y algas para construir edificios sustentables. *El Planteo*, 2 de noviembre. <https://elplanteo.com/microsoft-canamo-edificios/>

RAE (2021) *Taxonomía*. <https://dle.rae.es/taxonom%C3%ADa>

RAE (2001). *Óxido*. <https://www.rae.es/drae2001/oxidar>

Resistencias y Equipos (2020). Mantas calefactoras. *Resistencias y Equipos*, 9 de octubre.  
<https://resistenciasyequipos.com.co/investigacion/mantas-calefactoras/>

Rodríguez, L. (2021). *Glosario moda y sustentabilidad*. EUCD, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Udelar.

Roquero, A. (1995). Colores y colorantes de América. *Anales del Museo de América*, 3: 145-160.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1012299>

Salcedo, E. (2014). *Moda ética para un futuro sostenible*. Editorial GG.

Sea Colors (2015). Demonstration of new natural dyes from algae as substitution of synthetic dyes actually used by textile industries. *Newsletter*, 2.  
<http://www.seacolors.eu/index.php/en/>

Sector Marítimo (2018). Acuicultura: Top 10 de países de mayor producción acuícola. *Sector Marítimo*, 23 de marzo. <https://sectormaritimo.es/acuicultura-top-10-paises-de-mayor-produccion-acuicola>

Society of Dyers and Colourists (s. f.). *Definiciones de tinte y pigmento*. Colour Index.  
<https://colour-index.com/definitions-of-a-dye-and-a-pigment>

Tasenade, M. y Peteiro, C. (2015). Explotación de las macroalgas marinas: Galicia como caso de estudio hacia una gestión sostenible de los recursos. *Ambienta: La revista del Ministerio de Medio Ambiente*, 111. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5457013>

Testex (2020). Solidez del color: la guía definitiva. *Ttestextextile*, 7 de octubre.  
<https://www.testextextile.com/es/color-fastness-the-ultimate-guide/>

Udelar (2021). Revista Nature destaca a la investigadora de la Udelar Fernanda Cerdá. *Portal Udelar*, 11 de agosto. <https://udelar.edu.uy/portal/2021/08/revista-nature-destaca-a-la-investigadora-de-la-udelar-fernanda-cerda/>

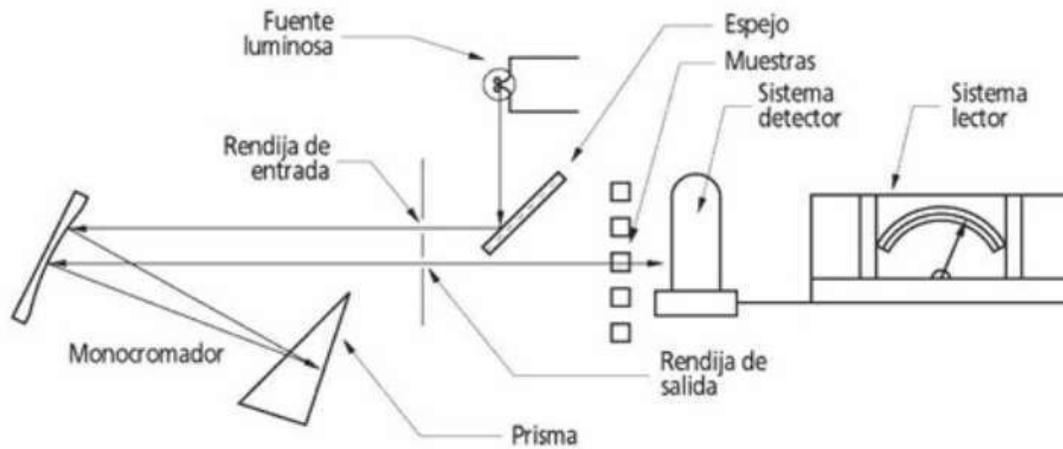
Undritz, L. (s. f.). *Phyto printing*. <https://www.mabiodesign.com/luisundritz>

- Val, J.; Heras, H. y Monge, E. (1985). Nuevas ecuaciones para la determinación de pigmentos fotosintéticos en acetona. *Anales de la Estación Experimental de Aula Dei*, 17: 231-238.  
[https://digital.csic.es/bitstream/10261/13836/1/ANALES\\_17\\_3-4-Nuevas%20ecuaciones.pdf](https://digital.csic.es/bitstream/10261/13836/1/ANALES_17_3-4-Nuevas%20ecuaciones.pdf)
- Velasco Rodríguez, G. J. (1995). El origen del textil en Mesoamérica. Instituto Politécnico Nacional SEP.
- Vida Silvestre (s. f.). *Legislación ambiental*. Vida Silvestre.  
<https://vidasilvestre.org.uy/biblioteca/legislacion-ambiental-nacional/>
- Villegas, C. y González, B. (2013). Fibras naturales sustentables y nuevos hábitos de consumo. *Revista Legado de Arquitectura y Diseño*, 13: 31-45.  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=477947372003>
- Vollebak (2022). *Plant and Algae T Shirt. Grown in forests and bioreactors, you can bury it in your garden at the end of its life*. Vollebak. <https://www.vollebak.com/product/plant-and-algae-t-shirt/>
- Widme, S. (2020). Design and the circular economy. What is circular design and why is it at the heart of a regenerative future? *Medium*, 16 de diciembre.  
<https://medium.com/circulatenews/design-and-the-circular-economy-95bc4dafaec6>
- Xicota, E. (2020). *¿Cuáles son los impactos de la industria textil en el medio ambiente?* Ester Xicota. Recuperado de <https://www.esterxicota.com/impactos-moda-textil-medio-ambiente/>
- Yoshiko, S. (1996). *Colorantes naturales*. Biblioteca Nacional de Antropología e Historia (INAH).

Zalbidea, A. (2017). *Nociones básicas sobre materiales colorantes*. Universidad Politécnica de Valencia. <https://riunet.upv.es/handle/10251/82159#>

# Anexo 1. Imágenes de instrumentos y procesos

A continuación, se presentan las imágenes de los diversos instrumentos y procesos empleados durante la investigación.



**Figura 26.** Partes de un Espectrofotómetro UV-Visible

Fuente: Orozco, s. f.



**Figura 27.** Espectrofotómetro  
Fuente: Elaboración propia.



**Figura 28.** Celda con pigmento *Ulva* spp.  
Fuente: Elaboración propia.



**Figura 29.** Celda con etanol  
Fuente: Elaboración propia.



**Figura 30.** Celda con etanol y pigmento de alga *Ulva* spp.  
Fuente: Elaboración propia.

## Anexo 2. Antecedentes

### Antecedentes internacionales

A continuación, se amplía información y se mencionan antecedentes que están relacionados con diversas investigaciones y aplicaciones de las algas en la industria textil, también en la industria cosmética, de la construcción y de la tecnología.

#### Luis Undritz:



**Figura 31.** Textil impreso con algas

Fuente: Undritz, s. f.

#### Vollebak:

Las algas cumplen un rol fundamental en la vida en la Tierra, ya que producen entre el 50 y el 80% del oxígeno del planeta. Hace 3.500 millones de años fueron las cianobacterias, que se

encuentran en las algas, las que llevaron al “gran evento de oxigenación”, ayudaron a crear la vida misma luego de 3.000 millones de años. Las algas de agua dulce poco profundas se han transformado en la fuente de toda la vida vegetal en la Tierra.

Existen varias investigaciones que involucran a las algas, están siendo probadas en la Estación Espacial Internacional ya que al parecer ayudarían a crear el combustible, los alimentos y el oxígeno que necesitaríamos para los viajes interplanetarios (Vollebak, 2022). Para crecer solo necesitan dióxido de carbono, luz y agua; por su baja complejidad crían sus propias algas en biorreactores. Essi Johanna Glomb y Rasa Weber recrearon una técnica usada en Kenia, donde se pasa el agua del biorreactor por medio de un filtro y se separan las algas quedando por un lado una pasta de algas y el agua por el otro. Dicha pasta se seca al sol y se transforma en polvo, mezclándolo con un aglutinante a base de agua para generar el tinte en forma de carotenoides y clorofilas.

En la siguiente imagen, se pueden observar camisetas producidas a partir de madera y teñidas con el tinte antes mencionado. El proceso de producción de las remeras es de circuito cerrado y responsable con el medio ambiente, la madera es transformada en textil, más del 99 % del agua y el solvente utilizados para convertir la pulpa en fibra se reciclan y reutilizan. En el sistema de puntuación Higg MSI (mide el impacto de producir un kilogramo de fibra, considerando el agotamiento de los recursos fósiles, la escasez de agua, la eutrofización y el calentamiento global), el textil producido está puntuado en 10, es muy bajo si lo comparamos con el algodón el cual tiene una puntuación de 60. Su objetivo final es obtener una puntuación de 0 (Vollebak, 2022).



**Figura 32.** Camiseta de plantas y algas con el paso del tiempo

Fuente: Vollebak, 2022.

### **Microsoft:**

El objetivo de este proyecto es reducir la huella de carbono empresarial y generar procesos más sustentables. Se encuentran investigando métodos para emplear algas en ladrillos, generando así un centro de datos que permite regular la temperatura y eliminar el carbono activamente.

En una investigación financiada por Microsoft llevada a cabo por Carbón Leadership Forum (CLF), Universidad de Washington, resultó que los materiales convencionales como el hormigón (gran emisor de CO<sub>2</sub>) puede sustituirse por cáñamo, las setas, las algas, la paja y la tierra ya que almacenan carbono. Propone construir centros de datos con tierra, ladrillos y paneles hechos con algas o fibras cultivadas a conciencia y tubos estructurales hechos con micelio, hilos producidos por hongos (Quarneti, 2021). Se estipuló la fabricación de los prototipos para el año 2022, comprometiéndose reducir las emisiones de carbono para el año 2030 y eliminando el carbono emitido al ambiente para el año 2050.

## **Piñatext:**

Fue desarrollándose durante muchos años de I+D por la Dra. Carmen Hijosa y poseen la Certificación B. Generan un nuevo textil a partir de la fibra de hoja de piña (la parte descartable de la planta). Dicho textil es una alternativa al cuero, evita las consecuencias negativas del cuero animal incluyendo el proceso de curtido donde se utilizan metales pesados sumamente tóxicos para la naturaleza y el ser humano como es el caso del cromo.

El proceso para obtener fibras textiles solo necesita agua y la biomasa que se obtiene puede usarse como fertilizante.

El cultivo se lleva a cabo en Filipinas, donde es recogida, lavada y desgomada por comunidades de agricultores; posteriormente se realiza en España el acabo final. Es un material versátil con diversos usos, su textura es resistente y flexible a la vez. Cuenta con propiedades que la hacen transpirable, moldeable y duradera. Las aplicaciones para las que se la ha utilizado son variadas, abarcan desde calzado, mobiliario y accesorios como mochilas y carteras, con un enfoque vegano y ecológico.

“En la elaboración de Piñatex, se ahorraron 264 toneladas de Co2 al utilizar en lugar de quemar 825 toneladas de residuos de hojas de la cosecha de piña, cuya quema liberaría el equivalente a 264 toneladas de CO2 a la atmósfera” (Ananas Anam, 2017).

## **Antecedentes nacionales**

En nuestro país se desarrolla el uso y aprovechamiento de las algas con sus respectivos beneficios. En el área gastronómica comienza a crecer su uso y se diversifica de los clásicos buñuelos, incorporándose en otras preparaciones de pastas, faina, sopas, galletas. Su extracción

se encuentra regulada por la DINARA, en La Paloma o en Montevideo, si el fin es la comercialización.

**Autóctona:**

Con reconocimiento marca país y obtuvo el premio Innova Turismo ANII en 2015. Promueve la cultura de innovación incentivando la creación de productos turísticos, hoteleros y de viaje, ofreciendo una experiencia al usuario sensorial y promoviendo así Uruguay como destino a visitar.

Los productos son a partir de extracto y maceraciones de algas *Ulva lactuca* recolectada en las costas de Uruguay. Poseen varias propiedades: depurativas, tonificantes, antioxidantes, suavizantes, nutritivas, contienen componentes antioxidantes y nutritivos, y efecto de limpieza de radicales, alta carga de aosaína (ayuda a proteger el colágeno y elastina). Además, refuerza la cohesión de la arquitectura celular, es rica en prolina, glicina y lisina, igual que la elastina, estimulando la regeneración celular. Alto contenido en oligoelementos, sales minerales, vitaminas y aminoácidos que sirven para mantener el buen aspecto externo de la piel, ya que son directamente asimilables por las células cutáneas (Autóctona, s. f.).

## Anexo 3. Entrevista con experta en algas

Para la investigación de las algas propiamente dichas desarrollamos un estudio de campo utilizando diferentes técnicas, cualitativas y cuantitativas:

- Recopilación de datos: Relevamiento de datos disponibles en internet acerca de las macroalgas, las tendencias del consumo y su aplicación en colorantes naturales.
- Observación directa: Relevamiento del comportamiento de las algas en la recolección y en el proceso de teñido.
- Técnicas cualitativas: Realización entrevistas a personas idóneas en el tema, cuyos estudios están vinculados a la extracción de pigmentos naturales y a la investigación de macroalgas en Uruguay.

En virtud de esto, a continuación, transcribimos la entrevista que tuvimos vía Zoom con Gabriela Vélez, doctora en Biología, docente e investigadora del CURE y desde 2015 también investigadora de Macroalgas Marinas de Uruguay.

Se dio una charla muy distendida, donde pudimos consultar todas las dudas y generar transferencia de conocimientos.

La entrevista tuvo lugar el día miércoles 14 de octubre de 2020 en Montevideo y Punta del Diablo, y su objetivo fue ampliar conocimientos sobre algas existentes en las costas rochenses.

### *1. ¿Qué usos se les da en Uruguay?*

Existió una investigación fuerte por parte de la Facultad de Química sobre las algas para extraer precisamente metabolitos para ser aplicados en el campo de la medicina, encontraron que las algas producían sustancias de defensa pero estas sustancias que producían, las producirán solo

en situaciones de amenaza y eso era mayormente en la Antártida ya que estaban a muy bajas temperaturas y necesitan protegerse de la radiación solar o en sitios donde hay mucha herbívora, que el agua es muy clara y hay muchos peces que las comen, muchas generan las sustancias para protegerse. Pero acá en Uruguay no encontraron.

También se estudió para extraer pigmentos de las algas para ser usados en protectores solares. Esos son los casos más cercanos que hay en Uruguay de uso de las algas.

En Uruguay no hay cultivos de algas que es lo que se hace mayormente en otros países del mundo, y extraer de la naturaleza, si tú te preguntas cuánto hay, nadie sabe.

Ellos trabajan en la biomasa para conocer cómo cambia la misma.

La lechuga de mar en Uruguay crece muy rápido y tiene un ciclo de vida muy corto de 3 o 4 meses hay mucha biomasa y se muere mucho, es muy buena candidata para trabajar con ella porque hay mucha cantidad. Hay 100 especies de algas en Uruguay, sobre todo en la costa atlántica, según nos alejamos de Montevideo hay cada vez más especies. También hay algas rojas que son las que tienen en el mundo más usos, se extrae el agar, en nuestro país existió en los años 40 y 50 una fábrica en rocha, se recolectaban en la paloma todas las algas que quedaban en la playa, se llevaban a la fábrica y se extraía todo lo que era el agar que luego se vendía a Argentina y se utilizaba para elaborar cremas, yogures, helados, todo lo que tenga una consistencia como la pasta de dientes, se usan de espesantes, gelificantes y es más fácil para trabajar que con las gelatinas.

## *2. ¿Existe una reglamentación?*

Hay muy poco existen 6 permisos dados, que son de recolectores, pescador de tierra, pero no se les pide que den nada de información, está muy incipiente, actualmente se está comenzando un

proyecto piloto para la implementación de permisos para construir un uso sostenible del recurso dado que por ahora el cultivo de algas marinas en Uruguay lo veo muy lejano.

### *3. Condiciones para cultivar*

Depende donde se cultiva en el mar o fuera del mar, no sería posible porque no tenemos bahías muy protegidas, en bahía se hace, pero no hay olas.

Es un cultivo de agua salada, tendrías que tener una bomba que extrae y purifica agua del mar, no es imposible, pero a mediano y corto plazo no se ve viable para Uruguay.

Lo que sí se puede hacer es con la *Ulva* spp., un cultivo que se realiza sobre una especie de cuerdas ya que ellas crecen en todos lados.

### *4. ¿Existen algas plagas?*

En setiembre del año pasado encontraron en nuestro país un alga invasora de origen asiático *Grateloupia turuturu* que en verdad tiene muchos usos es un alga grande, roja, que llega e invade las colonias de algas naturales, hay que ver cómo manejarla y es una candidata ideal para ver que se puede hacer con ella, se puede extraer porque hay mucha sobre todo en Punta del este. En la paloma hay mucha resaca de alga y hay que ver la forma de solucionar este problema, se podría resolver un problema. Actualmente en Bellas Artes se está comenzando un proyecto de utilizar estas algas para crear papel.

### *5. ¿Cómo se deben conservar?*

Yo herborizo algas, pero no sé si después de herborizadas les servirá a ustedes, lo que sucede con las algas verdes es que pierden la clorofila muy rápido y es lo que otorga el color. Nosotros también las conservamos en alcohol y rompe la pared celular y conseguimos sacar los pigmentos.

### *6. ¿Sustentabilidad?*

Las algas se reproducen por esporas y hay momentos que están en reproducción si hay que extraer sería lo mejor hacerlo cuando no están en reproducción y siempre hay que dejar la base para que el alga vuelva a crecer, y si no arrancas la base te llevas un alga mucho más amplia.

Sería bueno para la naturaleza y no depredar, utilizar lo que llega a la playa.

Estas algas ya llegaron como especies invasoras y llegan por agua de lastre en los barcos que circulan por todo el mundo, y no se van a ir porque encontraron un buen lugar para desarrollarse.

### *7. ¿Algas tóxicas?*

Ningún macro alga es tóxica, no hay ninguna que genere toxinas. En la temporada de verano a veces aparece sobre el agua el vibrio y eso puede quedar ocasionalmente sobre el alga, pero teniendo en cuenta todo el procedimiento de limpiarla y pasarla por alcohol, no habría ningún problema de toxicidad en un pigmento extraído y aplicado sobre la tela. El inconveniente se presenta para quienes las consumen en crudo y fuese para un consumo fresco.

Otra cosa que puede suceder es que sobre el alga haya microalgas que generan toxinas, pero tampoco sería un problema luego del procedimiento. Las algas no son afectadas por la marea roja.

### *8. Periodo de reproducción*

No es un buen momento para realizar la extracción.

El periodo de reproducción depende de la especie, cuando está en reproducción todo el perfil del alga tiene un tono de verde diferente, se ven con el microscopio las esporas.

En el caso del alga roja *Grateloupia turuturu* si la tienes en la mano está toda rugosa tienen muchas bolitas que es donde están las esporas, son estadios diferentes de las especies que se pueden apreciar a simple vista. En verdad hay talos femeninos y masculinos, pero no es tan

simple de ver. Sería interesante hacer la prueba de si al teñir con el alga *tururu*, se obtienen los mismos resultados estando en reproducción o no, quizás hay alguna sustancia en ese proceso de esporas que puede modificar el teñido.

*9. ¿La extracción de algas es respetuosa con el medio ambiente?*

Pensando en que son renovables no lo sabemos todavía, son trabajos que se están comenzando a hacer, si quiero extraer para teñir para mi empresa y necesito sacar tanto volumen de algas por mes, tengo que ir a la DINARA, para extracción comercial hay que pedir permiso. Actualmente no se sabe, habría que hacer una investigación para saber si es sostenible pensando en un uso a pequeña escala, pero me parece importante apostar a las algas de la resaca ya que es un problema, durante el verano la municipalidad paga para la limpieza de esa resaca y no cuesta ningún trabajo, ya que no te tienes que meter al agua, es algo que está fuera y estás resolviendo un problema y cerrando un ciclo.

*10. ¿Cuál sería un estimativo de algas que se puede recoger de la resaca?*

Creo que la pregunta es al revés cuantas algas se precisarían para teñir tantos volúmenes que vaya a teñir, porque hay mucha cantidad de algas, en la resaca hay diferentes especies, pero está en gran abundancia el alga roja, por ejemplo, en la playa de los ingleses yo recuerdo tener las algas por la rodilla y que sean todas algas rojas. Hay mucha cantidad, con la que se puede trabajar.

*11. ¿Se explora el traer algas que no son autóctonas?*

No es una opción, por las ideas que nosotros tenemos, por la ética, siempre traer algas para cultivar es un problema ya que siempre hay una fuga, si se puede evitar mejor. Hay una experiencia con un alga de Sudáfrica, en los años 90 se probó la cría de un molusco que venía de

allá y para alimentarlo se cultivaba un alga sudafricana. Yo no lo daría como una recomendación, siempre lo local.

## Anexo 4. Valoración de ensayos de solideces

Para valorar los resultados obtenidos en los ensayos de solideces de frote, lavado y luz se compararon con las escalas de grises (mencionadas oportunamente) y se plasmó el resultado mediante un gráfico de puntos del 1 al 5. Las fotografías de las muestras fueron capturadas en iguales condiciones de temperatura y de luz, en la caja de luz blanca, y las muestras de bambú fueron teñidas en frío de la 1 a la 6 y con calor de la 7 a 12. A continuación se nombra el pigmento utilizado al ser teñidas y si se usó modificador de color o no.

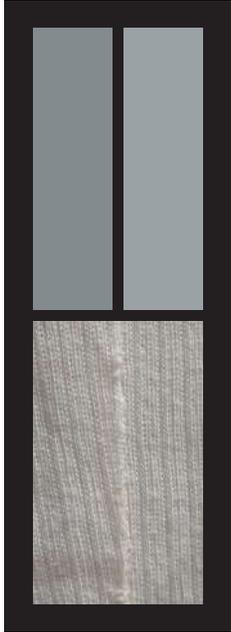
- 1- *Grateloupia turuturu*.
- 2- *Ulva* spp.
- 3- *Grateloupia turuturu* y ácido cítrico.
- 4- *Ulva* spp. y ácido cítrico.
- 5- *Grateloupia turuturu* y sulfato ferroso.
- 6- *Ulva* spp. y sulfato ferroso.
- 7- *Grateloupia turuturu*.
- 8- *Ulva* spp.
- 9- *Grateloupia turuturu* y ácido cítrico.
- 10- *Ulva* spp y ácido cítrico.
- 11- *Grateloupia turuturu* y sulfato ferroso.
- 12- *Ulva* spp y sulfato ferroso.

MUESTRA 01

GRATELOUPIA TURUTURU

Frío

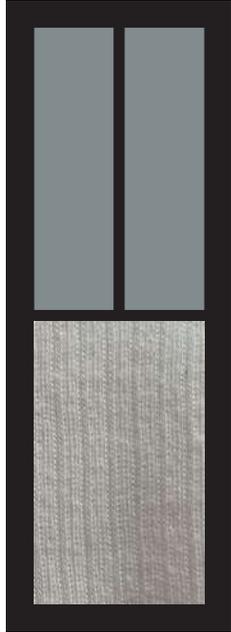
LUZ



LAVADO



DECOLORACIÓN



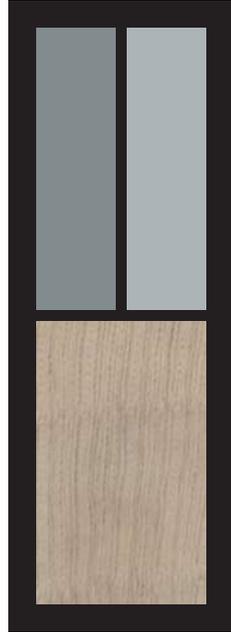
SANGRADO



FROTACIÓN



HÚMEDO



SECO

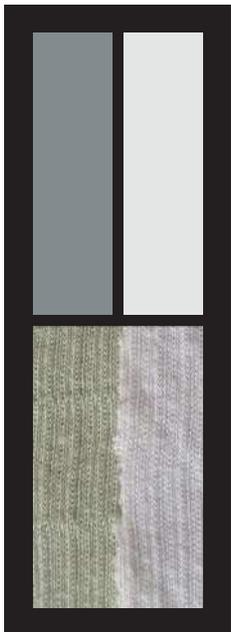


MUESTRA 02

ULVA spp.

Frío

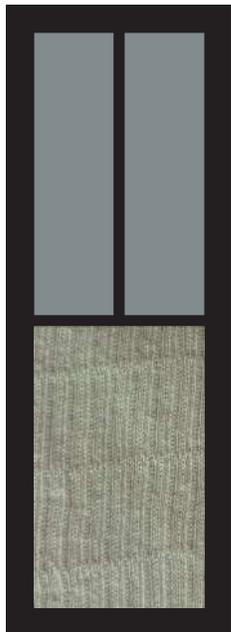
LUZ



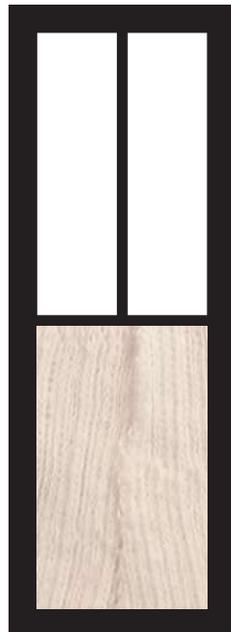
LAVADO



DECOLORACIÓN



SANGRADO



FROTACIÓN



HÚMEDO



SECO

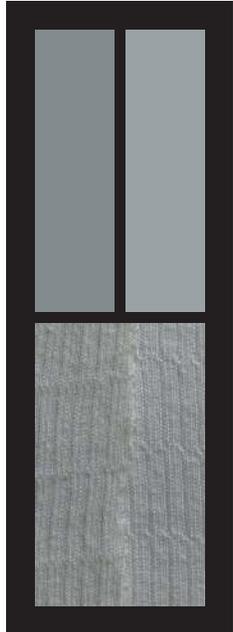


MUESTRA 03

GRATELOUPIA TURUTURU

Ácido cítrico / Frío

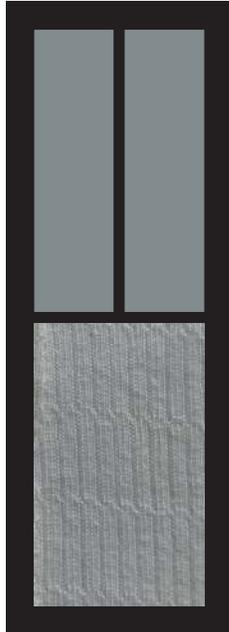
LUZ



LAVADO



DECOLORACIÓN



SANGRADO



FROTACIÓN



HÚMEDO



SECO

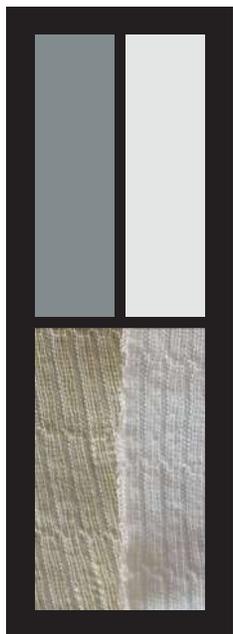


MUESTRA 04

ULVA spp.

Ácido cítrico / Frío

LUZ



LAVADO



DECOLORACIÓN



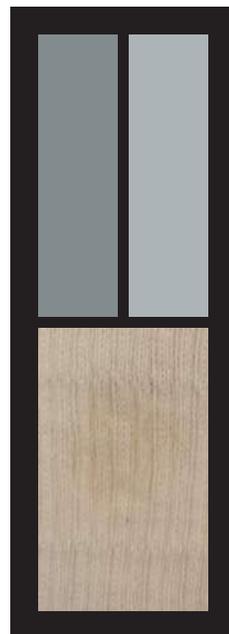
SANGRADO



FROTACIÓN



HÚMEDO



SECO

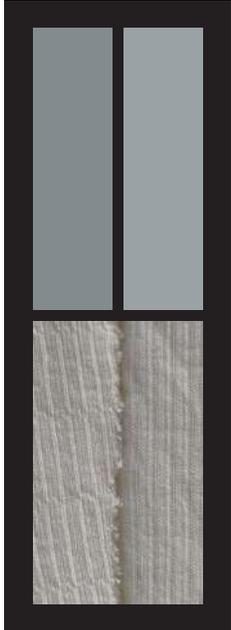


MUESTRA 05

GRATELOUPIA TURUTURU

Sulfato ferroso / Frío

LUZ



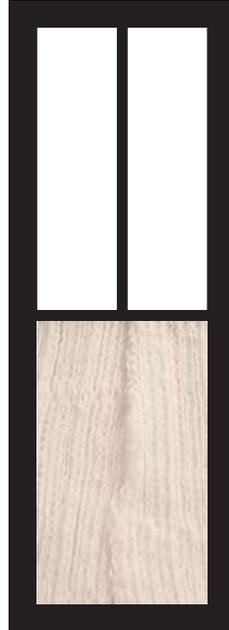
LAVADO



DECOLORACIÓN



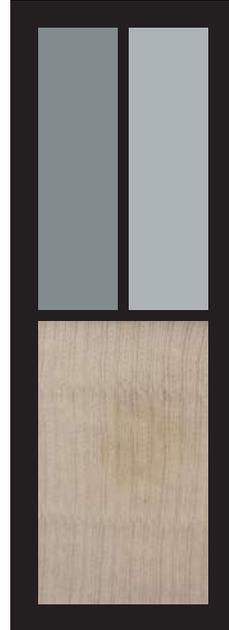
SANGRADO



FROTACIÓN



HÚMEDO



SECO

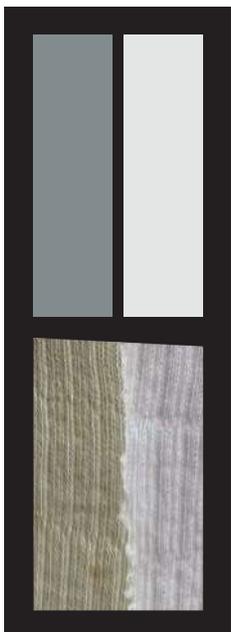


MUESTRA 06

ULVA spp.

Sulfato ferroso / Frío

LUZ



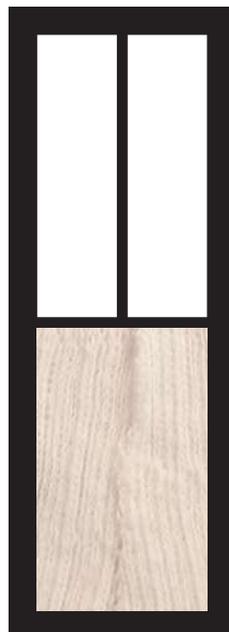
LAVADO



DECOLORACIÓN



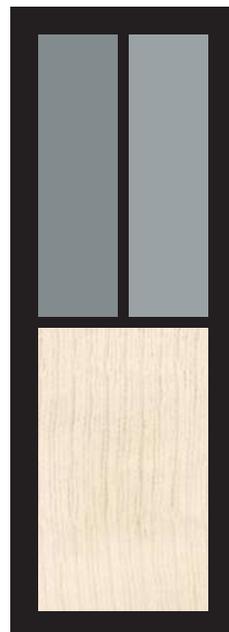
SANGRADO



FROTACIÓN



HÚMEDO



SECO

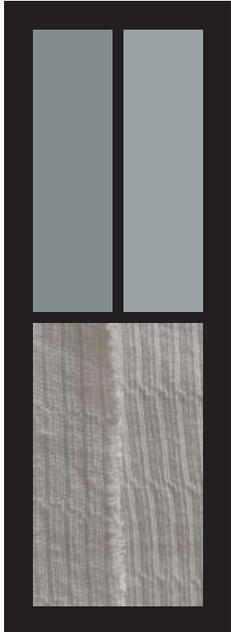


MUESTRA 07

GRATELOUPIA TURUTURU

Calor

LUZ



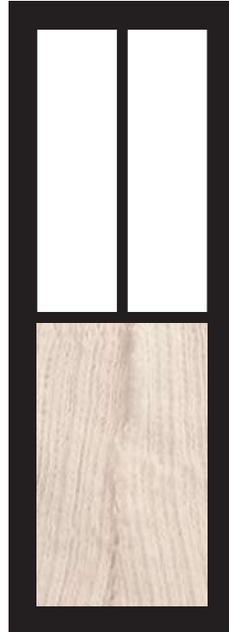
LAVADO



DECOLORACIÓN



SANGRADO



FROTACIÓN



HÚMEDO



SECO



MUESTRA 08

ULVA spp.

Calor

LUZ



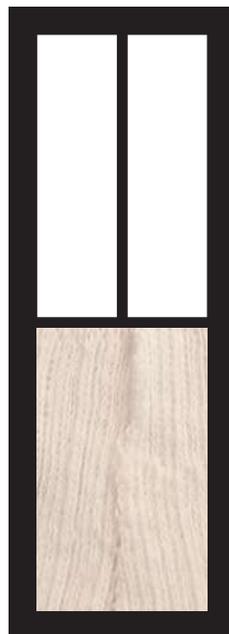
LAVADO



DECOLORACIÓN



SANGRADO



FROTACIÓN



HÚMEDO



SECO

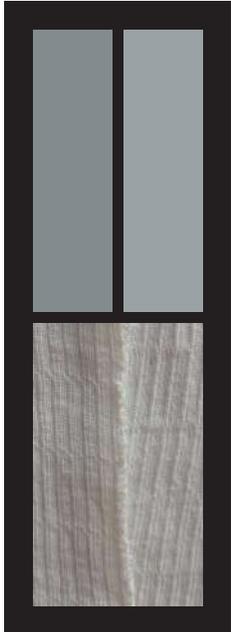


MUESTRA 09

GRATELOUPIA TURUTURU

Ácido cítrico / Calor

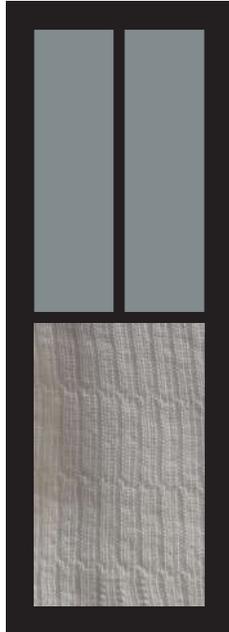
LUZ



LAVADO



DECOLORACIÓN



SANGRADO



FROTACIÓN



HÚMEDO



SECO

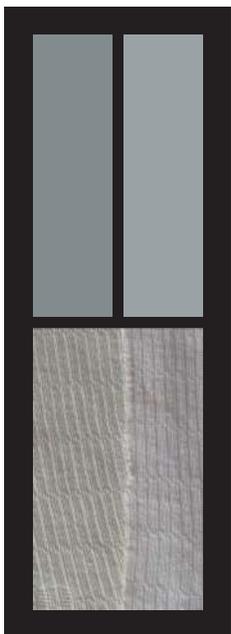


MUESTRA 10

ULVA spp.

Ácido cítrico / Calor

LUZ



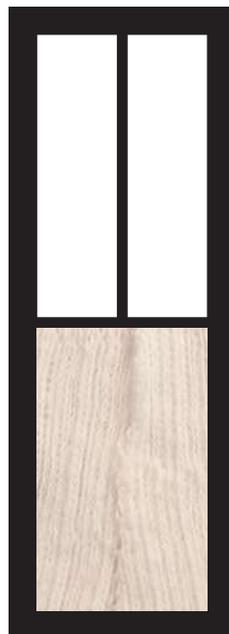
LAVADO



DECOLORACIÓN



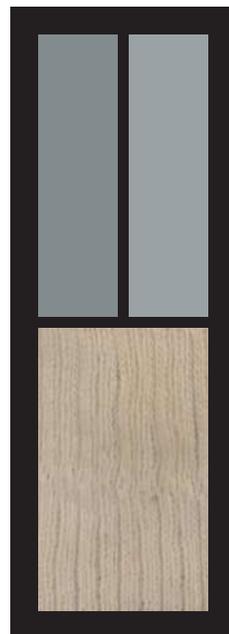
SANGRADO



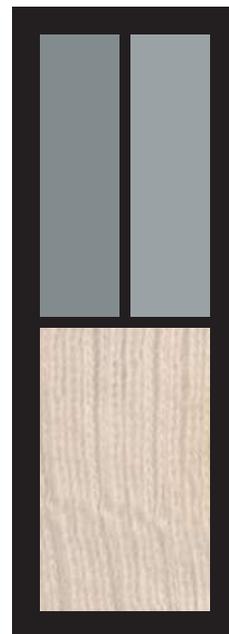
FROTACIÓN



HÚMEDO



SECO



MUESTRA 11

GRATELOUPIA TURUTURU

Sulfato ferroso / Calor



MUESTRA 12

ULVA spp.

Sulfato ferroso / Calor



## Anexo 5. Fichas técnicas

Las siguientes fichas describen los procedimientos previos al teñido: mordentado y extracción del pigmento. En esta última hay una variación según la cepa de alga sea *Grateloupia turururu* o *Ulva* spp.

A continuación, se adjunta una ficha modelo, en blanco, del proceso de teñido. Por último, se incluyen las doce fichas de las muestras anteriormente mencionadas en los ensayos de solidez, con tintura por agotamiento en frío y calor, adicionando o no modificador de color al pigmento.

FICHAS DE TEÑIDO  
Teñidos Naturales - Tintes del MarAutoras: Mariana Álvarez y Bérénice Bodeant  
Contacto:marianaalvarezfures7@gmail.com

## INSUMOS

SOLVENTE Agua 100 ml

MORDIENTE Alumbre de potasio 5 g

Acetato de sodio 5 g

Carbonato de calcio 2 g

FUENTE DE CALOR Hornalla 60 min

TEXTIL Bambú 15 g

## PROCEDIMIENTO

1. En un recipiente disolver el alumbre de potasio junto al acetato de sodio en agua tibia.
2. Agregar agua caliente a la solución hasta completar los 100 ml e introducir la muestra textil.
3. Exponer a temperatura hasta ebullición y dejar reposar mínimo durante 8 horas.
4. Enjuagar y centrifugar.
5. Disolver el carbonato de calcio en 100 ml de agua tibia.
6. Incorporar la muestra textil y dejar reposar durante 4 horas.
7. Enjuagar y centrifugar. Dejar secar a la sombra.

## PRECAUCIONES

Utilizar protección necesaria para la manipulación y realizar el procedimiento en un ambiente ventilado. Al estar cerca o en contacto con el tinte: no ingerir alimentos, bebidas, fumar o tocar la piel ni los ojos. El etanol es una sustancia altamente inflamable por lo que no debe alcanzar temperaturas cercanas a los 60 °C. Únicamente exponer al calor con manta de calentamiento bajo supervisión, en un laboratorio.

FICHAS DE TEÑIDO  
Teñidos Naturales - Tintes del MarAutoras: Mariana Álvarez y Bérénice Bodeant  
Contacto:marianaalvarezfures7@gmail.com

## INSUMOS

SOLVENTE

Etanol 150 ml

ALGA

Taxón: *Grateloupia turuturu* 36 g

FUENTE DE CALOR

Manta de calor 60 min

MEDIDOR DE CALOR

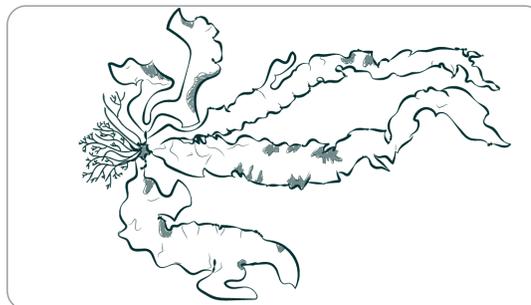
Termómetro °C

COLADOR

Textil de Algodón 1

GRATELOUPIA TURUTURU

ALGA



## PROCEDIMIENTO

1. Colocar el solvente en un recipiente de vidrio apto para altas temperaturas.
2. Trozar y triturar en un mortero -lo más pequeño posible - el alga fresca con 5 ml del solvente.
3. Incorporar el alga triturada al solvente.
4. Exponer a la fuente de calor hasta que el alga pierda el color. Retirar si llega a temperaturas cercanas a 60 °C.
5. Colar con un filtro de algodón, separando la masa residual del pigmento .
6. Colocarlo en un recipiente oscuro y resistente al calor.

## PRECAUCIONES

Utilizar protección necesaria para la manipulación y realizar el procedimiento en un ambiente ventilado. Al estar cerca o en contacto con el tinte: no ingerir alimentos, bebidas, fumar o tocar la piel ni los ojos. El etanol es una sustancia altamente inflamable por lo que no debe alcanzar temperaturas cercanas a los 60 °C. Únicamente exponer al calor con manta de calentamiento bajo supervisión, en un laboratorio.

## FICHAS DE TEÑIDO

Teñidos Naturales - Tintes del Mar

Autoras: Mariana Álvarez y Bérénice Bodeant

Contacto:marianaalvarezfures7@gmail.com

EXTRACCIÓN  
DEL  
COLORANTE

## INSUMOS

SOLVENTE

Etanol 100 ml

ALGA

*Ulva* spp. 16 g

FUENTE DE CALOR

Manta de calor 60 min

MEDIDOR DE CALOR

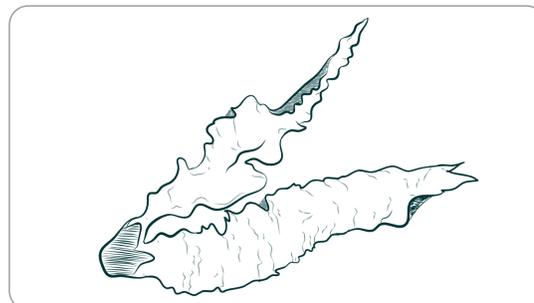
Termómetro °C

COLADOR

Textil de Algodón 1

ULVA spp.

ALGA



## PROCEDIMIENTO

1. Colocar el solvente en un recipiente de vidrio apto para altas temperaturas.
2. Trozar y triturar en un mortero -lo más pequeño posible - el alga fresca con 5 ml del solvente.
3. Incorporar el alga triturada al solvente.
4. Exponer a la fuente de calor hasta que el alga pierda el color. Retirar si llega a temperaturas cercanas a 60 °C.
5. Colar con un filtro de algodón, separando la masa residual del pigmento .
6. Colocarlo en un recipiente oscuro y resistente al calor.

## PRECAUCIONES

Utilizar protección necesaria para la manipulación y realizar el procedimiento en un ambiente ventilado. Al estar cerca o en contacto con el tinte: no ingerir alimentos, bebidas, fumar o tocar la piel ni los ojos. El etanol es una sustancia altamente inflamable por lo que no debe alcanzar temperaturas cercanas a los 60 °C. Únicamente exponer al calor con manta de calentamiento bajo supervisión, en un laboratorio.

## FICHAS DE TEÑIDO

### Teñidos Naturales - Tintes del Mar

Autoras: Mariana Álvarez y Bérénice Bodeant

Contacto:marianaalvarezfures7@gmail.com



#### INSUMOS

PIGMENTO Extraído *Grautelopia turuturu* 100 ml

MODIFICADOR -----

SOLVENTE Etanol 50 ml

TEXTIL Bambú 15 g

FUENTE DE CALOR -----

MEDIDOR DE CALOR -----

#### PROCEDIMIENTO

1. Colocar el pigmento extraído en un recipiente de vidrio resistente al calor con el etanol.
2. Incorporar al la muestra de bambú, previamente mordentada y humedecida en etanol.
3. Dejar reposar 24 horas la muestra en el tinte a temperatura ambiente.
4. Retirar la muestra de bambú y lavar con abundante agua tibia a 25 °C.
5. Dejar secar a la sombra.

#### SOLIDEZ

##### LUZ



##### LAVADO



DECOLORACIÓN

SANGRADO

##### FROTACIÓN



HÚMEDO

SECO

#### PRECAUCIONES

Utilizar protección necesaria para la manipulación y realizar el procedimiento en un ambiente ventilado. Al estar cerca o en contacto con el tinte: no ingerir alimentos, bebidas, fumar o tocar la piel ni los ojos. El etanol es una sustancia altamente inflamable por lo que no debe alcanzar temperaturas cercanas a los 60 °C. Únicamente exponer al calor con manta de calentamiento bajo supervisión, en un laboratorio.

## FICHAS DE TEÑIDO

### Teñidos Naturales - Tintes del Mar

Autoras: Mariana Álvarez y Bérénice Bodeant

Contacto:marianaalvarezfures7@gmail.com



#### INSUMOS

PIGMENTO	Extraído <i>Ulva</i> spp.	100 ml
MODIFICADOR	-----	-----
SOLVENTE	Etanol	50 ml
TEXTIL	Bambú	15 g
FUENTE DE CALOR	-----	-----
MEDIDOR DE CALOR	-----	-----

#### PROCEDIMIENTO

1. Colocar el pigmento extraído en un recipiente de vidrio resistente al calor con el etanol.
2. Incorporar a la muestra de bambú, previamente mordentada y humedecida en etanol.
3. Dejar reposar 24 horas la muestra en el tinte a temperatura ambiente.
4. Retirar la muestra de bambú y lavar con abundante agua tibia a 25 °C.
5. Dejar secar a la sombra.

#### SOLIDEZ

##### LUZ



##### LAVADO



DECOLORACIÓN

SANGRADO

##### FROTACIÓN



HÚMEDO

SECO

#### PRECAUCIONES

Utilizar protección necesaria para la manipulación y realizar el procedimiento en un ambiente ventilado. Al estar cerca o en contacto con el tinte: no ingerir alimentos, bebidas, fumar o tocar la piel ni los ojos. El etanol es una sustancia altamente inflamable por lo que no debe alcanzar temperaturas cercanas a los 60 °C. Únicamente exponer al calor con manta de calentamiento bajo supervisión, en un laboratorio.

## FICHAS DE TEÑIDO

### Teñidos Naturales - Tintes del Mar

Autoras: Mariana Álvarez y Bérénice Bodeant

Contacto:marianaalvarezfures7@gmail.com



#### INSUMOS

PIGMENTO	Extraído <i>Grateloupia turuturu</i>	100 ml
MODIFICADOR	Ácido cítrico	1 g
SOLVENTE	Etanol	50 ml
TEXTIL	Bambú	15 g
FUENTE DE CALOR	-----	-----
MEDIDOR DE CALOR	-----	-----

#### PROCEDIMIENTO

1. Colocar el pigmento extraído en un recipiente de vidrio resistente al calor con el etanol.
2. Agregar al recipiente el modificador de color y disolver con un elemento de madera.
3. Incorporar la muestra de bambú, previamente mordentada y humedecida en etanol.
4. Dejar reposar 24 horas la muestra en el tinte a temperatura ambiente.
5. Retirar la muestra de bambú y lavar con abundante agua tibia a 25 °C.
6. Dejar secar a la sombra.

#### SOLIDEZ

##### LUZ



##### LAVADO



DECOLORACIÓN

SANGRADO

##### FROTACIÓN



HÚMEDO

SECO

#### PRECAUCIONES

Utilizar protección necesaria para la manipulación y realizar el procedimiento en un ambiente ventilado. Al estar cerca o en contacto con el tinte: no ingerir alimentos, bebidas, fumar o tocar la piel ni los ojos. El etanol es una sustancia altamente inflamable por lo que no debe alcanzar temperaturas cercanas a los 60 °C. Únicamente exponer al calor con manta de calentamiento bajo supervisión, en un laboratorio.

## FICHAS DE TEÑIDO

### Teñidos Naturales - Tintes del Mar

Autoras: Mariana Álvarez y Bérénice Bodeant

Contacto:marianaalvarezfures7@gmail.com



#### INSUMOS

PIGMENTO	Extraído <i>Ulva</i> spp.	100 ml
MODIFICADOR	Ácido cítrico	1 g
SOLVENTE	Etanol	50 ml
TEXTIL	Bambú	15 g
FUENTE DE CALOR	-----	-----
MEDIDOR DE CALOR	-----	-----

#### PROCEDIMIENTO

1. Colocar el pigmento extraído en un recipiente de vidrio resistente al calor con el etanol.
2. Agregar al recipiente el modificador de color y disolver con un elemento de madera.
3. Incorporar la muestra de bambú, previamente mordentada y humedecida en etanol.
4. Dejar reposar 24 horas la muestra en el tinte a temperatura ambiente.
5. Retirar la muestra de bambú y lavar con abundante agua tibia a 25 °C.
6. Dejar secar a la sombra.

#### SOLIDEZ

##### LUZ



##### LAVADO



DECOLORACIÓN

SANGRADO

##### FROTACIÓN



HÚMEDO

SECO

#### PRECAUCIONES

Utilizar protección necesaria para la manipulación y realizar el procedimiento en un ambiente ventilado. Al estar cerca o en contacto con el tinte: no ingerir alimentos, bebidas, fumar o tocar la piel ni los ojos. El etanol es una sustancia altamente inflamable por lo que no debe alcanzar temperaturas cercanas a los 60 °C. Únicamente exponer al calor con manta de calentamiento bajo supervisión, en un laboratorio.

## FICHAS DE TEÑIDO

### Teñidos Naturales - Tintes del Mar

Autoras: Mariana Álvarez y Bérénice Bodeant

Contacto:marianaalvarezfures7@gmail.com



#### INSUMOS

PIGMENTO Extraído *Grateloupia turuturu* 100 ml

MODIFICADOR Sulfato ferroso 1 g

SOLVENTE Etanol 50 ml

TEXTIL Bambú 15 g

FUENTE DE CALOR -----

MEDIDOR DE CALOR -----

#### PROCEDIMIENTO

1. Colocar el pigmento extraído en un recipiente de vidrio resistente al calor con el etanol.
2. Agregar al recipiente el modificador de color y disolver con un elemento de madera.
3. Incorporar la muestra de bambú, previamente mordentada y humedecida en etanol.
4. Dejar reposar 24 horas la muestra en el tinte a temperatura ambiente.
5. Retirar la muestra de bambú y lavar con abundante agua tibia a 25 °C.
6. Dejar secar a la sombra.

#### SOLIDEZ

LUZ



LAVADO



FROTACIÓN



DECOLORACIÓN

SANGRADO

HÚMEDO

SECO

#### PRECAUCIONES

Utilizar protección necesaria para la manipulación y realizar el procedimiento en un ambiente ventilado. Al estar cerca o en contacto con el tinte: no ingerir alimentos, bebidas, fumar o tocar la piel ni los ojos. El etanol es una sustancia altamente inflamable por lo que no debe alcanzar temperaturas cercanas a los 60 °C. Únicamente exponer al calor con manta de calentamiento bajo supervisión, en un laboratorio.

## FICHAS DE TEÑIDO

### Teñidos Naturales - Tintes del Mar

Autoras: Mariana Álvarez y Bérénice Bodeant

Contacto:marianaalvarezfures7@gmail.com



#### INSUMOS

PIGMENTO	Extraído <i>Ulva</i> spp.	100 ml
MODIFICADOR	Sulfato ferroso	1 g
SOLVENTE	Etanol	50 ml
TEXTIL	Bambú	15 g
FUENTE DE CALOR	-----	-----
MEDIDOR DE CALOR	-----	-----

#### PROCEDIMIENTO

1. Colocar el pigmento extraído en un recipiente de vidrio resistente al calor con el etanol.
2. Agregar al recipiente el modificador de color y disolver con un elemento de madera.
3. Incorporar la muestra de bambú, previamente mordentada y humedecida en etanol.
4. Dejar reposar 24 horas la muestra en el tinte a temperatura ambiente.
5. Retirar la muestra de bambú y lavar con abundante agua tibia a 25 °C.
6. Dejar secar a la sombra.

#### SOLIDEZ

##### LUZ



##### LAVADO



DECOLORACIÓN

SANGRADO

##### FROTACIÓN



HÚMEDO

SECO

#### PRECAUCIONES

Utilizar protección necesaria para la manipulación y realizar el procedimiento en un ambiente ventilado. Al estar cerca o en contacto con el tinte: no ingerir alimentos, bebidas, fumar o tocar la piel ni los ojos. El etanol es una sustancia altamente inflamable por lo que no debe alcanzar temperaturas cercanas a los 60 °C. Únicamente exponer al calor con manta de calentamiento bajo supervisión, en un laboratorio.

## FICHAS DE TEÑIDO

### Teñidos Naturales - Tintes del Mar

Autoras: Mariana Álvarez y Bérénice Bodeant

Contacto:marianaalvarezfures7@gmail.com



#### INSUMOS

PIGMENTO	Extraído <i>Grateloupia turuturu</i>	100 ml
MODIFICADOR	-----	-----
SOLVENTE	Etanol	50 ml
TEXTIL	Bambú	15 g
FUENTE DE CALOR	Manta de calor	60 min
MEDIDOR DE CALOR	Termómetro	°C

#### PROCEDIMIENTO

1. Colocar el pigmento extraído en un recipiente de vidrio resistente al calor con el etanol.
2. Incorporar la muestra de bambú, previamente mordentada y humedecida en etanol.
3. Exponer a fuente de calor, a temperatura constante durante 60 min., controlar que no supere los 60 °C.
4. Dejar reposar 24 horas la muestra en el tinte a temperatura ambiente.
5. Retirar la muestra de bambú y lavar con abundante agua tibia a 25 °C.
6. Dejar secar a la sombra.

#### SOLIDEZ

##### LUZ



##### LAVADO



DECOLORACIÓN

SANGRADO

##### FROTACIÓN



HÚMEDO

SECO

#### PRECAUCIONES

Utilizar protección necesaria para la manipulación y realizar el procedimiento en un ambiente ventilado. Al estar cerca o en contacto con el tinte: no ingerir alimentos, bebidas, fumar o tocar la piel ni los ojos. El etanol es una sustancia altamente inflamable por lo que no debe alcanzar temperaturas cercanas a los 60 °C. Únicamente exponer al calor con manta de calentamiento bajo supervisión, en un laboratorio.

## FICHAS DE TEÑIDO

### Teñidos Naturales - Tintes del Mar

Autoras: Mariana Álvarez y Bérénice Bodeant

Contacto:marianaalvarezfures7@gmail.com



#### INSUMOS

PIGMENTO	Extraído <i>Ulva</i> spp.	100 ml
MODIFICADOR	.....	.....
SOLVENTE	Etanol	50 ml
TEXTIL	Bambú	15 g
FUENTE DE CALOR	Manta de calor	60 min
MEDIDOR DE CALOR	Termómetro	°C

#### PROCEDIMIENTO

1. Colocar el pigmento extraído en un recipiente de vidrio resistente al calor con el etanol.
2. Incorporar la muestra de bambú, previamente mordentada y humedecida en etanol.
3. Exponer a fuente de calor, a temperatura constante durante 60 min., controlar que no supere los 60 °C.
4. Dejar reposar 24 horas la muestra en el tinte a temperatura ambiente.
5. Retirar la muestra de bambú y lavar con abundante agua tibia a 25 °C.
6. Dejar secar a la sombra.

#### SOLIDEZ

##### LUZ



##### LAVADO



DECOLORACIÓN

SANGRADO

##### FROTACIÓN



HÚMEDO

SECO

#### PRECAUCIONES

Utilizar protección necesaria para la manipulación y realizar el procedimiento en un ambiente ventilado. Al estar cerca o en contacto con el tinte: no ingerir alimentos, bebidas, fumar o tocar la piel ni los ojos. El etanol es una sustancia altamente inflamable por lo que no debe alcanzar temperaturas cercanas a los 60 °C. Únicamente exponer al calor con manta de calentamiento bajo supervisión, en un laboratorio.

## FICHAS DE TEÑIDO

### Teñidos Naturales - Tintes del Mar

Autoras: Mariana Álvarez y Bérénice Bodeant

Contacto:marianaalvarezfures7@gmail.com



#### INSUMOS

PIGMENTO	Extraído <i>Grateloupia turuturu</i>	100 ml
MODIFICADOR	Ácido cítrico	1 g
SOLVENTE	Etanol	50 ml
TEXTIL	Bambú	15 g
FUENTE DE CALOR	Manta de calor	60 min
MEDIDOR DE CALOR	Termómetro	°C

#### PROCEDIMIENTO

- Colocar el pigmento extraído en un recipiente de vidrio resistente al calor con el etanol.
- Agregar al recipiente el modificador de color y disolver con un elemento de madera.
- Incorporar la muestra de bambú, previamente mordentada y humedecida en etanol.
- Exponer a fuente de calor, a temperatura constante durante 60 min., controlar que no supere los 60 °C.
- Dejar reposar 24 horas la muestra en el tinte a temperatura ambiente.
- Retirar la muestra de bambú y lavar con abundante agua tibia a 25 °C.
- Dejar secar a la sombra.

#### SOLIDEZ

##### LUZ



##### LAVADO



DECOLORACIÓN

SANGRADO

##### FROTACIÓN



HÚMEDO

SECO

#### PRECAUCIONES

Utilizar protección necesaria para la manipulación y realizar el procedimiento en un ambiente ventilado. Al estar cerca o en contacto con el tinte: no ingerir alimentos, bebidas, fumar o tocar la piel ni los ojos. El etanol es una sustancia altamente inflamable por lo que no debe alcanzar temperaturas cercanas a los 60 °C. Únicamente exponer al calor con manta de calentamiento bajo supervisión, en un laboratorio.

## FICHAS DE TEÑIDO

### Teñidos Naturales - Tintes del Mar

Autoras: Mariana Álvarez y Bérénice Bodeant

Contacto:marianaalvarezfures7@gmail.com



#### INSUMOS

PIGMENTO	Extraído <i>Ulva</i> spp.	100 ml
MODIFICADOR	Ácido cítrico	1 g
SOLVENTE	Etanol	50 ml
TEXTIL	Bambú	15 g
FUENTE DE CALOR	Manta de calor	60 min
MEDIDOR DE CALOR	Termómetro	°C

#### PROCEDIMIENTO

- Colocar el pigmento extraído en un recipiente de vidrio resistente al calor con el etanol.
- Agregar al recipiente el modificador de color y disolver con un elemento de madera.
- Incorporar la muestra de bambú, previamente mordentada y humedecida en etanol.
- Exponer a fuente de calor, a temperatura constante durante 60 min., controlar que no supere los 60 °C.
- Dejar reposar 24 horas la muestra en el tinte a temperatura ambiente.
- Retirar la muestra de bambú y lavar con abundante agua tibia a 25 °C.
- Dejar secar a la sombra.

#### SOLIDEZ

##### LUZ



##### LAVADO



DECOLORACIÓN

SANGRADO

##### FROTACIÓN



HÚMEDO

SECO

#### PRECAUCIONES

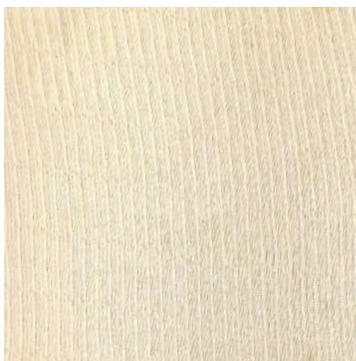
Utilizar protección necesaria para la manipulación y realizar el procedimiento en un ambiente ventilado. Al estar cerca o en contacto con el tinte: no ingerir alimentos, bebidas, fumar o tocar la piel ni los ojos. El etanol es una sustancia altamente inflamable por lo que no debe alcanzar temperaturas cercanas a los 60 °C. Únicamente exponer al calor con manta de calentamiento bajo supervisión, en un laboratorio.

## FICHAS DE TEÑIDO

### Teñidos Naturales - Tintes del Mar

Autoras: Mariana Álvarez y Bérénice Bodeant

Contacto:marianaalvarezfures7@gmail.com



#### INSUMOS

PIGMENTO	Extraído <i>Grateloupia turuturu</i>	100 ml
MODIFICADOR	Sulfato ferroso	1 g
SOLVENTE	Etanol	50 ml
TEXTIL	Bambú	15 g
FUENTE DE CALOR	Manta de calor	60 min
MEDIDOR DE CALOR	Termómetro	°C

#### PROCEDIMIENTO

- Colocar el pigmento extraído en un recipiente de vidrio resistente al calor con el etanol.
- Agregar al recipiente el modificador de color y disolver con un elemento de madera.
- Incorporar la muestra de bambú, previamente mordentada y humedecida en etanol.
- Exponer a fuente de calor, a temperatura constante durante 60 min., controlar que no supere los 60 °C.
- Dejar reposar 24 horas la muestra en el tinte a temperatura ambiente.
- Retirar la muestra de bambú y lavar con abundante agua tibia a 25 °C.
- Dejar secar a la sombra.

#### SOLIDEZ

##### LUZ



##### LAVADO



##### FROTACIÓN



DECOLORACIÓN

SANGRADO

HÚMEDO

SECO

#### PRECAUCIONES

Utilizar protección necesaria para la manipulación y realizar el procedimiento en un ambiente ventilado. Al estar cerca o en contacto con el tinte: no ingerir alimentos, bebidas, fumar o tocar la piel ni los ojos. El etanol es una sustancia altamente inflamable por lo que no debe alcanzar temperaturas cercanas a los 60 °C. Únicamente exponer al calor con manta de calentamiento bajo supervisión, en un laboratorio.

## FICHAS DE TEÑIDO

### Teñidos Naturales - Tintes del Mar

Autoras: Mariana Álvarez y Bérénice Bodeant

Contacto:marianaalvarezfures7@gmail.com



#### INSUMOS

PIGMENTO	Extraído <i>Ulva</i> spp.	100 ml
MODIFICADOR	Sulfato ferroso	1 g
SOLVENTE	Etanol	50ml
TEXTIL	Bambú	15 g
FUENTE DE CALOR	Manta de calor	60 min
MEDIDOR DE CALOR	Termómetro	°C

#### PROCEDIMIENTO

- Colocar el pigmento extraído en un recipiente de vidrio resistente al calor con el etanol.
- Agregar al recipiente el modificador de color y disolver con un elemento de madera.
- Incorporar la muestra de bambú, previamente mordentada y humedecida en etanol.
- Exponer a fuente de calor, a temperatura constante durante 60 min., controlar que no supere los 60 °C.
- Dejar reposar 24 horas la muestra en el tinte a temperatura ambiente.
- Retirar la muestra de bambú y lavar con abundante agua tibia a 25 °C.
- Dejar secar a la sombra.

#### SOLIDEZ

##### LUZ



##### LAVADO



DECOLORACIÓN

SANGRADO

##### FROTACIÓN



HÚMEDO

SECO

#### PRECAUCIONES

Utilizar protección necesaria para la manipulación y realizar el procedimiento en un ambiente ventilado. Al estar cerca o en contacto con el tinte: no ingerir alimentos, bebidas, fumar o tocar la piel ni los ojos. El etanol es una sustancia altamente inflamable por lo que no debe alcanzar temperaturas cercanas a los 60 °C. Únicamente exponer al calor con manta de calentamiento bajo supervisión, en un laboratorio.

## **Anexo 6. Experimentación con teñidos**

A raíz de la investigación realizada del proceso de tinción en bambú con los tintes naturales obtenidos a partir de ambas cepas de algas, se realizó una experimentación de distintas técnicas de teñido de un modo exploratorio buscando aportar una visión más amplia de las posibilidades de estos tintes, sin perjuicio de los diferentes matices que se puedan obtener siguiendo las fichas de teñido.

A continuación, se presenta el registro fotográfico que evidencia los resultados de dicha experimentación.



**Figura 33.** Ecoprint cepa *Ulva* spp.  
Fuente: Elaboración propia.



**Figura 34.** Sumergido con reserva y manchado, cepa *Ulva* spp.  
Fuente: Elaboración propia.



**Figura 35.** Sumergido con reserva, cepa *U/va* spp.  
Fuente: Elaboración propia.



**Figura 36.** Ecoprint cepa *Grateloupia turuturu*.  
Fuente: Elaboración propia.



**Figura 37.** Sumergido con reserva, cepa *Ulva* spp.  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 38.** Sumergido con reserva utilizando elementos, cepa *Ulva* spp.  
Fuente: Elaboración propia.



**Figura 39.** Ecoprint y salpicado, cepas *Grateloupia turuturu* y *Ulva* spp.  
Fuente: Elaboración propia.



**Figura 40.** Sumergido con reserva, cepas *Grateloupia turuturu* y *Ulva* spp.  
Fuente: Elaboración propia.



**Figura 41.** Degradé por suspensión, cepa *Ulva* spp.  
Fuente: Elaboración propia.



**Figura 42-** Sumergido con reserva utilizando elementos, cepa *Ulva* spp.  
Fuente: Elaboración propia.