

# LA ETAPA ROSA DE LA PALTA

EL RESCATE DE SUS RESIDUOS PARA CREAR UN COLORANTE TEXTIL.

Tesis presentada a la Escuela de Diseño de la  
Pontificia Universidad Católica de Chile para  
optar al título profesional de Diseñador.

**Autor:** Elisa Reyes

**Profesor guía:** Lina Cárdenas

Enero, 2022

Santiago, Chile



PONTIFICIA  
UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DE CHILE

DISEÑO | UC  
Pontificia Universidad Católica de Chile  
Escuela de Diseño



## AGRADECIMIENTOS

A Lina Cárdenas, por su disposición, comprensión y guiatura que me permitieron llevar a cabo un proyecto ordenado a pesar de las circunstancias, y a mi propio ritmo.

A Ricardo, quien me recibió en el laboratorio textil y gracias a su ayuda fue posible realizar pruebas que fueron fundamentales para el proyecto.

Y a mi familia, por su apoyo y comprensión en esta etapa, y en especial a mi mamá, que siempre estuvo apoyándome y ayudándome cuanto pudo.

# ÍNDICE

## 1. INTRODUCCIÓN

Planteamiento del problema	7
Contexto y Usuario	9
Formulación del proyecto	10
Metodología	11

## 2. MARCO TEÓRICO

Economía circular	14
Generación Z	16
(In)sostenibilidad de la industria textil	18
Coloración textil	24
Fibras textiles	28
Colorantes	30
Tintes sintéticos	31
Teñido natural	32
Clasificación de los tintes	34
Color	36
Residuos agrícolas como fuente de color	38
Métodos de conservación	41



# ÍNDICE

<b>3. ANTECEDENTES Y REFERENTES</b>		<b>5. PROYECCIONES</b>	95
Antecedentes	45	<b>6. CONCLUSIÓN</b>	101
Referentes	47	<b>7. REFERENCIAS</b>	103
<b>4. DESARROLLO DEL PROYECTO</b>			
<b>1. Preparación</b>	51		
<b>2. Experimentación</b>	52		
2.1 Teñido con material seco pulverizado	53		
2.2 Extracción de tinte líquido	62		
2.3 Extracción de líquido a partir del polvo	77		
2.4 Colorante	81		
<b>3. Elaboración del colorante</b>	87		
<b>4. Validación</b>	91		



# 01

## INTRODUCCIÓN

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El constante y acelerado crecimiento económico que se ha visto desde la revolución industrial ha tenido un fuerte impacto en el medio ambiente. Los procesos productivos han llevado al hombre a explotar los recursos naturales y la energía, más rápido de lo que se pueden restablecer (Zarta, 2018), generando escasez, además de enormes cantidades de residuos que se han reintegrado en la naturaleza, afectando el suelo, aire, agua y la biodiversidad (Gardetti, 2018; Muñoz, 2020) al exceder la capacidad de equilibrio natural de los ecosistemas (Zarta, 2018).

Frente a este problema, ha crecido la preocupación por la contaminación, el cambio climático y la huella de carbono en las últimas décadas (Samanta et al., 2014), y se han propuesto nuevos sistemas de producción más sustentables, que buscan frenar o ralentizar los efectos negativos de la industrialización en el medioambiente.

En este contexto nace la economía circular como alternativa a la tradicional, concepto que se ha vuelto cada vez más popular como una nueva forma de hacer negocios (Manickam & Duraisamy, 2018) y de ver el mundo, ofreciendo al ser humano la oportunidad de reconectar con la naturaleza

mediante actos concretos (Gardetti, 2018). Ésta se basa en las leyes y ciclos naturales, donde no existe el desperdicio, y promueve el máximo aprovechamiento de los recursos, la optimización de su uso, y extensión de su utilidad, además de la reutilización para nuevos productos (Shirvanimoghaddam et al., 2020). Su principal enfoque es reducir los impactos negativos de la producción y maximizar los positivos de la misma mediante la innovación y cambios en el sistema (Manickam & Duraisamy, 2018).

Las industrias han seguido desde sus inicios un modelo lineal basado en los conceptos “tomar-hacer-usar-disponer”. Bajo este criterio las empresas extraen materia prima, y por el uso de energías y mano de obra fabrican un producto que luego venden a un consumidor, quien finalmente lo desecha una vez que finaliza su vida útil.

(Ellen Macarthur Foundation, 2013)

Por otro lado, dentro de las industrias que han sido más cuestionadas por su alto impacto ambiental se encuentra la textil, la cual se considera una de las más contaminantes ya que desde el cultivo hasta el desecho de los productos utiliza una gran cantidad de recursos, entre ellos agua y energía, a la vez que genera toneladas de desperdicios y libera: complejas sustancias tóxicas que contaminan el agua y gases de efecto invernadero en el aire (Roy Choudhury, 2014).



**Imagen 1.** Cole, J. (2019). El teñido de tejidos: el mayor problema de contaminación de la industria de la moda. Vogue España. <https://www.vogue.es/moda/articulos/tintes-toxicos-ropa-problemas-contaminacion-industria-moda>

Las cifras se vuelven cada vez más alarmantes dado que en las últimas dos décadas la producción se ha duplicado, así como el consumo anual promedio a nivel mundial (Shirvanimoghaddam et al., 2020). Por eso es fundamental implementar nuevas formas de producción más sostenibles que consideren todas las etapas del proceso.

Desde el punto de vista de los usuarios, la creciente preocupación y conciencia sobre la contaminación, la salud y la higiene ha tenido como consecuencia el aumento en la demanda de productos textiles ecológicos y/u orgánicos (Samanta et al., 2014), destacando el uso de tintes naturales para la coloración y funcionalización, como reemplazo de los colorantes y acabados sintéticos. Esto se debe a que existe mayor acceso a información sobre la toxicidad de estos compuestos sintéticos y los daños que generan, no solo en el medioambiente, sino también a las personas que tienen contacto con ellos, incluyendo trabajadores de la industria y consumidores (Nimkar, 2018). Por el contrario los

tintes naturales son obtenidos a partir de plantas principalmente, además de algunos insectos y minerales. Estos se consideran eco-amigables al ser biodegradables y renovables (Handayani et al., 2018), generando menor impacto ambiental.

Como consecuencia, en los últimos años se ha vuelto una alternativa atractiva para la coloración de textiles, los cuales, además de ser considerados más sustentables, adquieren tonos suaves y agradables para los consumidores (Samanta et al., 2014). Sin embargo el método de aplicación tradicional tiene un carácter artesanal, lo que se traduce en procesos lentos, tediosos y poco estandarizados (Radhakrishnan, 2014; Singh & Bharati, 2014).

## CONTEXTO Y USUARIO

Este proyecto se inserta en un contexto en el cual el teñido natural se ha vuelto de gran interés para investigadores, científicos y varias empresas textiles, quienes han estudiado las formas tradicionales para la innovación (Shahid et al., 2013).

Actualmente existe una búsqueda constante de nuevos métodos de aplicación, que permitan ampliar el uso de los tintes naturales en la industria textil, con el fin de evolucionar hacia un proceso que pueda replicarse a mayor escala. Ejemplo de esto es el caso de Patagonia, marca reconocida mundialmente que desde sus inicios ha implementado modelos de producción más sustentable. El año 2017, en colaboración con Archroma lanzaron la colección Clean Colors, teñida únicamente con tintes naturales extraídos de bio-desechos de la industria agrícola. (Sarkar, 2021).

De este ejemplo se desprende el potencial que tienen los residuos vegetales de convertirse en la nueva materia prima para la tinción textil, promoviendo además el paso hacia una economía más circular y menos lineal, al extender la utilidad de materiales que actualmente son considerados basura. Existe una amplia variedad de subproductos de la industria agrícola y alimentaria con capacidad tintórea que se han aplicado de forma casera pero aún no se han explorado lo suficiente para extender su uso más allá

de lo artesanal, como es el caso de las partes que no se consumen de la palta: la cáscara y el cuesco.

Frente a este contexto se plantea el desafío de obtener un colorante natural a partir de los residuos de palta, con el fin de mejorar la metodología de extracción y aplicación del color, y avanzar hacia un proceso más rentable y escalable, que permita ampliar el uso de tintes naturales en la industria textil nacional.

El proyecto resulta relevante para el creciente público de interesados en innovaciones textiles, aplicaciones sustentables, y uso de tintes y pigmentos de origen natural como remplazo de los agentes químicos utilizados ampliamente al día de hoy.

El diseñador juega un papel muy importante en el uso y aplicación de los textiles sustentables, ya que la forma en la que aplique el proceso creativo en estrategias de investigación, influirá en los hábitos del consumidor.

(Villegas, C., & González, B., 2013)



# FORMULACIÓN DEL PROYECTO

## ¿QUÉ?

Desarrollo de un colorante y método de uso a partir de los residuos de palta para el teñido de fibras naturales y artificiales.

## ¿POR QUÉ?

Los consumidores se han vuelto cada vez más conscientes, por lo que buscan productos de carácter sustentable y exigen transparencia en los procesos, y por eso se ha visto un aumento de interés en la aplicación de tintes naturales. Sin embargo aún existen barreras que impiden la producción a gran escala, entre ellas el tedioso proceso de extracción del color (Radhakrishnan, 2014), la lentitud del proceso y la dificultad para reproducir los tonos.

## ¿PARA QUÉ?

Simplificar el proceso de aplicación de tinte natural, a través de un producto con disponibilidad inmediata, que elimine el paso de extracción de color, y permita ampliar su uso a una producción de mayor escala en la producción textil nacional.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

**1) Identificar el método de extracción de un colorante textil a partir de residuos de palta, en un contexto semi-industrial.**

IOV: Método que defina las variables de temperatura, tiempo y pH del baño para aplicación textil que permitan que salga más concentración del colorante.

**2) Definir los parámetros que afectan el proceso de coloración en diferentes fibras.**

IOV: Análisis de pH, de temperatura y tiempo según la fibra que se tiña.

**3) Diseñar un método de aplicación y conservación del colorante.**

IOV: Parámetros para el teñido, de acuerdo a las necesidades de la fibra.

**4) Evaluar la calidad y duración del color de las muestras obtenidas.**

IOV: Resultados de test de calidad, de acuerdo al AATCC

# METODOLOGÍA

## FASE 1: INVESTIGACIÓN

Objetivo: Identificar el método de extracción de un colorante textil a partir de residuos de palta, en un contexto semi-industrial.

Mediante el levantamiento de información, se establecieron dos procedimientos para obtener color a partir de los residuos de palta, en base a los métodos tradicionales de teñido y los últimos avances registrados en la literatura.

### Actividades realizadas:

- Revisión de estado del arte.
- Investigación de diferentes métodos de extracción de tinte natural.
- Elección y análisis del material tintóreo.

## FASE 2: EXPERIMENTACIÓN

Objetivo: Identificar los parámetros que afectan el proceso de coloración en diferentes fibras.

Se realizaron una serie de experimentos para cada uno de los métodos de extracción, con el fin determinar las variables que influyen en el proceso de teñido y la mejor forma de obtener un colorante de acceso inmediato.

### Actividades realizadas:

- Teñido a partir de los residuos reducidos a un polvo.
- Medición de tiempo y temperatura.
- Análisis de concentración y relación de baño.
- Control del pH y de su influencia en el color final.
- Pruebas en diferentes fibras.
- Extracción de tinte en diferentes condiciones.

## FASE 3: OPTIMIZAR COLORANTE

Objetivo: Diseñar un método de aplicación y conservación del colorante.

En base a los resultados se determinaron los procedimientos necesarios para obtener y conservar el colorante, junto con el método de aplicación para las fibras afines.

### Actividades realizadas:

- Testeos para optimizar la obtención del colorante.
- Aplicación del colorante en diferentes fibras textiles.
- Pruebas para conservar y aumentar la duración.

## FASE 4: VALIDACIÓN

Objetivo: Evaluar la calidad y duración del color de las muestras obtenidas.

Finalmente, se evaluó el uso y calidad del colorante a través de mediciones de resistencia al lavado y a la luz, en las fibras que obtuvieron resultados óptimos de color, según los estándares de la AATCC.

### Actividades realizadas:

- Medición de los tiempos de teñido, uso de agua y cantidad de colorante.
- Análisis de laboratorio de los mejores resultados.



# 02

## MARCO TEÓRICO

## ECONOMÍA CIRCULAR

En los últimos años se han desarrollado varios estudios científicos, los cuales confirman que la cultura de usar-tirar está resultando en una seria preocupación ambiental, de salud, social y económica (Shirvanimoghaddam et al., 2020). Actualmente se considera que la humanidad consume más de lo que la productividad de los ecosistemas del planeta puede proporcionar de manera sostenible y, por lo tanto, se está reduciendo considerablemente el capital natural de la Tierra (Ellen Macarthur Foundation, 2013).

**“Para comenzar a frenar el efecto negativo que ha tenido la actividad humana en el planeta, es fundamental desarrollar una industria que considere todos y cada uno de los elementos involucrados en los procesos de producción.”**

**(Manickam & Duraisamy, 2018).**

De este principio nace la economía circular como sistema integral, que ofrece un enfoque de desarrollo sostenible, el cual fomenta la preservación de los recursos y cuidado del medio ambiente, a la vez que genera recursos económicos (Gardetti, 2018).

El sistema de comercio actual se basa en la producción y consumo masivo, por lo tanto requiere grandes cantidades de materia prima y conduce al abuso de éstas, lo que a su vez provoca mayores volúmenes de desechos (Gardetti, 2018). Por el contrario, la economía circular rediseña la idea de fabricación de productos y el uso de los recursos para producir, usar y eliminar a favor de la mayor reutilización y reciclaje posible (Shirvanimoghaddam et al., 2020). De esta forma es posible crear procesos de ciclo cerrado en los cuales los residuos sirven como entrada, eliminando así la noción de un subproducto indeseable (Ellen Macarthur Foundation, 2013).

Para la Fundación Ellen McArthur (2013) la economía circular se basa en cuatro principios básicos de la naturaleza. El primero plantea los residuos como nutrientes al igual que en los ecosistemas naturales. Así como los desechos se convierten en alimentos para otras especies o en nutrientes para el suelo, los bienes materiales que se consumen deben ser reutilizados y/o rediseñados para extender su durabilidad de forma indefinida, y mantener la mayor calidad posible. En este sentido la economía circular propone la creación responsable de nuevos productos y la oportunidad de crear valor a partir de objetos a materiales que hayan sido desechados o discontinuados (Gardetti, 2018).

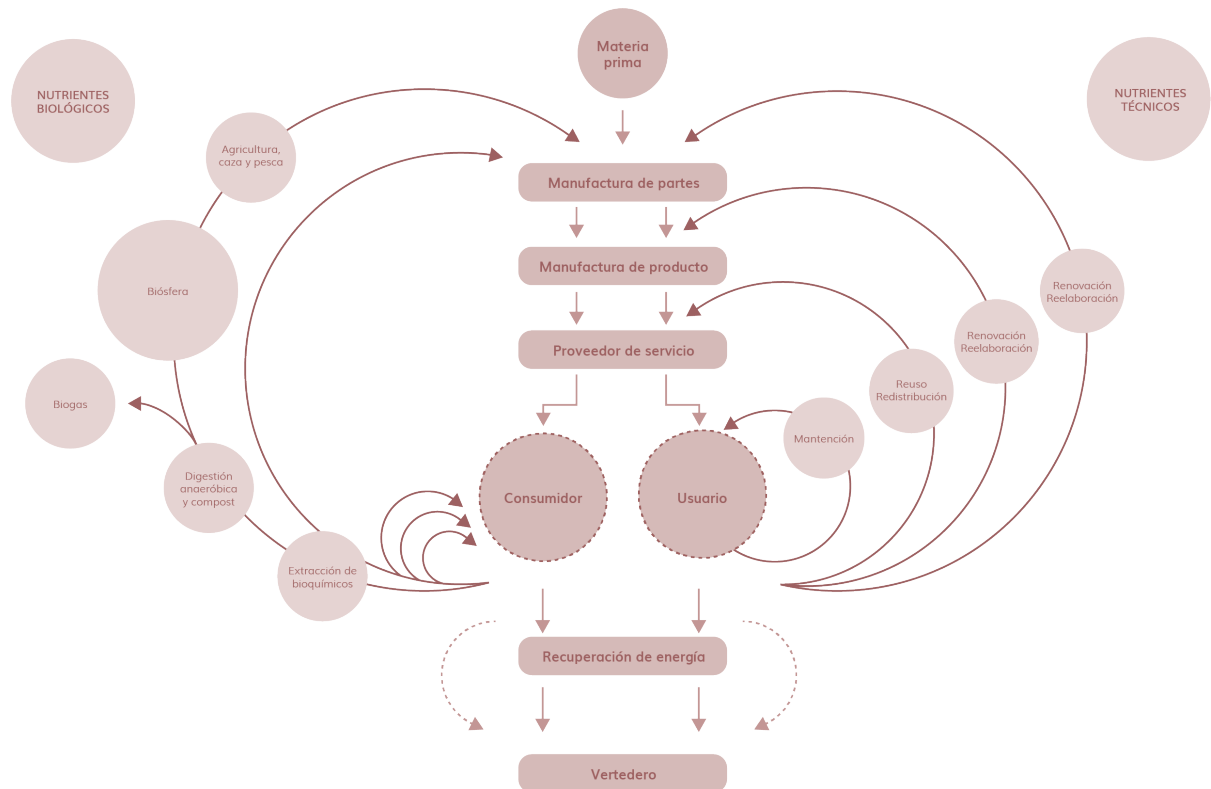
El segundo principio se basa en la resiliencia, la cual se construye a través de la diversidad de especies. En ese sentido, si se crea una reserva de recursos amplia, podrán utilizarse en la economía, adaptándose a los diferentes contextos y circunstancias. Por último, las energías renovables y un modelo sistémico completan la lista. Esto se refiere a crear un sistema colaborativo entre las diferentes partes interconectadas, que proporcione un flujo de recursos, ideas e información, impulsado por ese tipo de energía (Gardetti, 2018).

Este modelo de producción más limpia es una estrategia necesaria para reducir los riesgos de los seres humanos y del medioambiente (Shirvanimoghaddam et al., 2020). Esto aplicado a los procesos se materializa en la conservación de materias primas y de energía, el uso controlado de energías renovables, la eliminación de sustancias químicas nocivas, y la reducción de la cantidad de desechos y emisiones, junto con su toxicidad. En el caso de los productos, implica reducir la mayor cantidad los impactos ambientales en todo el ciclo de vida (Manickam & Duraisamy, 2018).

Enfocar el diseño en la economía circular significa implementar cambios sociales y culturales positivos, desarraigando costumbres y hábitos aprendidos a lo largo de generaciones y resulta vital aplicar este método, ya que implica tomar consciencia de cada

acción y realizar ajustes en cada parte del proceso, de forma que se pueda frenar el ritmo acelerado de producción y consumo. El mayor desafío es asumir abiertamente el mal comportamiento que se ha perpetuado por décadas y la responsabilidad del

ser humano de encontrar nuevas soluciones para una producción sostenible a largo plazo (Gardetti, 2018). Diseñar para la longevidad, para reutilizar o para servicios (Niinimäki, 2017) es una forma de planificar el futuro de los bienes que se consumen.



**Figura 1. La economía circular.**  
Elaboración propia. Adaptado de Fundación Ellen McArthur (2013)



## GENERACIÓN Z

La generación Z abarca a los nacidos desde el año 1995, y es considerada la primera generación digital, caracterizada por la hiperconectividad. Quienes pertenecen a esta generación se comunican de forma constante, principalmente a través de redes sociales sobre todo tipo de temas, los cuales forman preferencias y afectan sus elecciones como consumidores (Smaliukiene et al., 2020). Según Smaliukiene la generación afecta el consumo aún más que la educación o el género.

El consumo incluye signos, símbolos, ideas y valores que distinguen a un grupo social de otro. El consumo conspicuo es un consumo de símbolos y no es tanto una forma de satisfacer las necesidades de uno sino el deseo de destacar, expresar o crear su propio estatus en la sociedad (Smaliukiene et al., 2020).

Los miembros de la generación Z buscan conectar con cierto estilo de vida o grupo de actitudes que los representan, por eso generalmente toman en cuenta sólo aquellos temas sociales y culturales que resuenan mucho con sus valores y percepciones. Esto tiene directa relación con su forma de consumo que se caracteriza por la exigencia (Smaliukiene et al., 2020). Para los "genzers" el diseño y la estética de los productos son fundamentales al momento de elegir qué comprar, así como el avance tecnológico de los mismos, pero a su vez, las marcas deben generar una

fuerte conexión emocional para atraer su atención hacia los productos y servicios que ofrecen (Aybar et al., 2017). Una investigación realizada en EE. UU. mostró que los miembros de esta generación son sensibles a los problemas sociales que se comunican en las redes, y por ende dan prioridad a los valores cuando compran, tendiendo a consumir productos de marcas que respaldan las ideas que son importantes para ellos y por el contrario rechazando las que no coincidan en ideales y comportamientos con los propios (Ferguson, 2018).

Como consumidores son socialmente conscientes, tienen en cuenta las consecuencias públicas de su consumo privado e intentan utilizar su poder adquisitivo para realizar un cambio social. Sus elecciones se basan en la experiencia como cliente, vinculando de forma inseparable el consumo con la interacción, transparencia y responsabilidad social de las marcas (Smaliukiene et al., 2020) es por esto que deben estar informados sobre los procesos de producción de los bienes para ejercer su poder de decisión (Gardetti, 2018).

Ferguson en su investigación concluyó que más del 50% de la generación prefiere marcas si saben que son socialmente conscientes, y además que el 72% está dispuesto a pagar más por aquellas marcas que tienen reputación de cuidado del medioambiente (Ferguson, 2018).

Sobre el consumo de bienes de origen textil, Ajoy Sarkar, profesor en el Fashion Institute of Technology, sostiene que esta es una generación hiperconsciente de las tendencias de sostenibilidad, y que se sienten atraídos hacia los textiles que tienen mayor historia y significado, que de cierta forma se conectan al medioambiente. Esto debido a la herencia cultural que adquieren estos productos, generando en el consumidor cercanía a la tierra, junto con una sensación de bienestar y comunidad. (Sarkar, 2021)

En este sentido, los consumidores adquieren un rol fundamental en la industria y los procesos productivos a través de los cambios de hábitos de consumo (Austgulen, 2016). Por eso es importante que se sientan responsables, y crear un sistema transparente en el cual tengan acceso a la información y conocimiento necesarios sobre las mejores alternativas ambientales, para tomar las decisiones correctas al momento de consumir (Gardetti, 2018; Laitala et al., 2014).

**“El enemigo de la industria textil es el consumidor inteligente que hace las preguntas correctas y compra con más cuidado”**

Siegle (2011)

Características	Generación X	Generación Y	Generación Z
Fecha de nacimiento	1965-1979	1980-1994	1995-2011
Filosofía	Escepticismo	Optimismo	Realismo
Característica principal	Rebelión	Motivación	Frivolidad
Involucramiento	Local	Internacional	Global
Rol	Mixto	Colectivismo	Individualismo
Nivel de actividad	Bajo	Medio	Alto
Nivel de conocimiento	Bajo/medio	Medio	Alto
Actitud de consumo	Valora autonomía y su información personal	Prefiere webrooming	Insiste en lo conveniente, divertido, económico

Tabla 1. Características de las generaciones X, Y, Z. Elaboración propia. Adaptado de Austgulen (2016)

## (IN)SOSTENIBILIDAD DE LA INDUSTRIA TEXTIL

Los textiles son los materiales que se tejen y procesan a partir de hilados y fibras derivadas de fuentes tanto naturales como artificiales. Son una parte integral y fundamental de la vida humana, jugando un papel importante en la satisfacción de las necesidades básicas de las personas, y por esto la producción textil ocupa un lugar primordial en la sociedad actual (Kumar & Joshiba, 2020). El problema es que la industria textil es uno de los mayores contribuyentes a las amenazas ambientales, y no sólo la producción se ha duplicado en las últimas décadas, sino también el consumo medio anual, alcanzando el umbral de 100 millones de toneladas a nivel mundial (Shirvanimoghaddam et al., 2020).

La literatura sobre la contaminación provocada por esta industria y los daños medioambientales que genera es extensa. Algunos autores señalan que este sector de la producción es el segundo mayor consumidor y contaminante de agua a nivel mundial, estimando que se utilizan hasta nueve billones de galones al año, cifra únicamente superada por la agricultura (Kumar & Joshiba, 2020). Además de ser también de las más consumidoras de energía, con una baja eficiencia de su uso, la producción

de textiles genera todas las categorías de desechos posindustriales, es decir, de tipo líquidos, sólidos y gases, siendo uno de los mayores generadores de gases de efecto invernadero (Roy Choudhury, 2014; Villegas & González, 2013). Sin embargo, la regulación de los daños que genera la industria textil es muy limitada, y se responsabiliza en gran medida al consumidor más que al productor (Austgulen, 2016).



**Imagen 2.** Cole, J. (2019). El teñido de tejidos: el mayor problema de contaminación de la industria de la moda. Vogue España. <https://www.vogue.es/moda/articulos/tintes-toxicos-ropa-problemas-contaminacion-industria-moda>

Actualmente los clientes han aumentado la conciencia sobre una producción más ecológica, estimulando a la industria a evolucionar hacia el concepto de economía circular y diseño sostenible, para maximizar el uso de los recursos (To et al., 2019).

**La sostenibilidad es un concepto multidimensional complejo relacionado con el medio ambiente, la economía, la salud humana y el impacto social. Su objetivo es abordar los problemas actuales de la sociedad sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus necesidades (Radhakrishnan, 2014).**

Además las políticas de sostenibilidad buscan reducir los costos requeridos para la producción, sin comprometer calidad ni cantidad (Kumar & Joshiba, 2020). Entonces, el diseño sostenible se podría definir como aquel que tiene en cuenta los impactos ambientales en todos los niveles de producción, y busca disminuir el daño a lo largo de todo el ciclo de vida del producto (del Giorgio Solfa et al., 2011).

Por otro lado, la aceptabilidad ambiental de los productos textiles depende de dos aspectos. El primero y más simple de demostrar, es que el producto no daña al usuario ni al medioambiente durante el uso. El segundo se basa en el impacto de la producción, desde las plantaciones hasta la eliminación final (Bide, 2007). En base a lo anterior, para que un textil sea certificado como ecológico, en su proceso de elaboración debe minimizar el impacto ambiental, usando de forma racional la materia prima y manteniendo sus características naturales, además de consumir la mínima cantidad de energía y agua, preferir cultivos hidropónicos y elementos biodegradables, y evitar los procesos químicos que dañen la salud de los obreros (Villegas & González, 2013).

Al plantear una nueva economía textil, se debe repensar la existente y aprovechar las oportunidades que se han perdido por el actual sistema lineal. Es importante transformar la forma en que se diseñan, venden y utilizan los textiles para dejar atrás su naturaleza desechable y mejorar de forma radical el reciclaje, recolección y reprocesamiento con el fin de usar de forma eficaz los recursos, prefiriendo siempre aquellos renovables (To et al., 2019). La implementación de la sostenibilidad en todos los sectores de la industria textil ayudará a

descubrir nuevos productos textiles ecológicos, que puedan degradarse biológicamente y que ayuden a desarrollar un entorno sostenible para todos los seres vivos (Kumar & Joshiba, 2020).

Varias marcas, algunos minoristas y otras organizaciones, ya han trabajado para generar cambios y han logrado avances prometedores, pero generalmente en pequeñas escalas (Manickam & Duraisamy, 2018). De todas formas, estos proyectos basados en economía circular, como Elvis & Kresse y Patagonia, se han vuelto modelos a seguir, y su mayor impacto está relacionado al cambio de paradigma en su discurso y acciones (Gardetti, 2018).



Imagen 3. E & Kresse. (s. f.). Rescue. Elvis & Kresse. <https://www.elvisandkresse.com/pages/reclamation>



## Procesamiento en húmedo: el uso de químicos y la contaminación del agua

Algunos parámetros físicos como el color, tonalidad, calidad y textura, además de las características mecánicas y químicas juegan un papel importante en el desarrollo de la industria textil (Kumar & Joshiba, 2020). Estos atributos dependen del procesamiento en húmedo, que abarca el teñido, estampado, acabado y lavado de los textiles. Como su nombre lo indica, estos procesos se caracterizan por requerir grandes cantidades de agua, alrededor de 100–150 litros de agua se utilizan para procesar solo un 1 kg de material textil (Cuenca et al., 2019). Pero además, en esta etapa de la producción se utilizan un elevado número de sustancias químicas, que plantean una amenaza mayor para los ecosistemas y la salud humana (Nimkar, 2018; Roy Choudhury, 2014).

**“Se estima que se utilizan más de 8000 productos diferentes, y los tintes son el principal químico utilizado”**  
(Periyasamy & Militky, 2020).

Los productos químicos más preocupantes son aquellos que al liberarse muestran tres características principales: persistencia, es decir, que no se descomponen de forma fácil; bioacumulación,

en organismos e incluso aumentar su concentración mientras avanza en la cadena alimenticia; y toxicidad. Por eso hoy se enfrenta la necesidad urgente de avanzar hacia una producción más limpia (Roy Choudhury, 2014).

Para el nivel actual de producción, se requieren 5 mil millones de kg entre tintes, pigmentos y productos de acabado (Nimkar, 2018). Una parte importante de estos productos son liberados luego del proceso en los cuerpos de agua naturales, ya que los efluentes residuales no pasan por un tratamiento adecuado y por lo mismo son considerados las más contaminados de todos los sectores industriales (Cuenca et al., 2019; Roy Choudhury, 2014). Por otro lado, el uso prolongado de estas sustancias ha provocado también la contaminación de la tierra y el aire, lo que tiene como resultado efectos adversos en la flora y la fertilidad de las tierras agrícolas (Samanta et al., 2014).

Características	Medida
pH	5.5-9.0
Alcalinidad (mg/L)	220-550
TDS (mg/L)	150-680
TSS (mg/L)	100-600
BOD a 20°C (mg/L/5 días)	30-350
COD (mg/L/día)	250
Fenoles (mg/L)	0.018-1.093
Aceites y grasas (mg/L)	10-20
Cloruros (mg/L)	65-280
Sulfatos (mg/L)	50-100

**Tabla 2.** Características del agua residual del teñido. Elaboración propia. Adaptado de Periyasamy, A. P., & Militky, J. (2020)



## Impacto del teñido

Particularmente, la industria del teñido tiene una reputación justificadamente mala como contaminante y consumidora de recursos (Periyasamy & Militky, 2020; Richards, 2015). En relación a otras técnicas de procesamiento en húmedo, el teñido consume grandes cantidades de agua para las que se requieren un elevado número de químicos, lo que tiene como consecuencia descargas masivas de aguas residuales contaminadas. Además, esas proporciones implican el uso excesivo de energía. Todo esto en conjunto tiene una fuerte repercusión en el medioambiente (Kumar & Joshiba, 2020).

Cada año se tiñen cerca de 28.000 millones de kg de textiles a nivel mundial (Cuenca et al., 2019), para lo cual se utilizan 7.000 toneladas de tinte aproximadamente (Periyasamy & Militky, 2020).

Los tintes sintéticos consisten en compuestos químicos, no biodegradables y altamente tóxicos (Kumar & Joshiba, 2020) y muchas veces se requieren también aditivos y otros químicos para la coloración de las telas.

Durante la coloración textil se liberan grandes volúmenes de tinte y otros agentes no fijados a las fibras, aproximadamente entre un 10 y 15% queda en las aguas residuales (Kumar & Joshiba, 2020). Es primordial considerar que la mayoría de estos productos contienen metales pesados muy tóxicos (Periyasamy & Militky, 2020), y los tintes están preparados para resistir luz, altas temperaturas, lavados y otros procesos, por lo que pueden permanecer en el ambiente por periodos prolongados, al tener una alta fotoestabilidad térmica (Cuenca et al., 2019; Gürses et al., 2016; Periyasamy & Militky, 2020).



**Imagen 4.** WWF. (2021). Is water the biggest blind spot of the fashion industry? <https://wwf.medium.com/is-water-the-biggest-blind-spot-of-the-fashion-industry-f352911cacea>

Muchas zonas se han visto afectadas en términos de agricultura y vida cotidiana por la contaminación no tratada de la industria del teñido. Las aguas residuales del teñido bloquean la generación de oxígeno, destruyendo la vida acuática, y aumentando la eutrofización. Además se vuelve totalmente inadecuada para el consumo, ya que sus propiedades físicas, químicas y biológicas se ven alteradas, por lo que no es posible usarla para ningún propósito (Periyasamy & Militky, 2020).

Por otro lado, los tintes y químicos pueden ser peligrosos para la salud humana en términos de inhalación y contacto con la piel (Richards, 2015). Varias enfermedades de tipo dermatitis, irritación cutánea, conjuntivitis, asma y alergias resultan del proceso de teñido (Gregory, 2007; Gürses et al., 2016), e incluso se ha demostrado que la exposición a colorantes intermedios puede causar algunos tipos de cáncer (Gürses et al., 2016; Periyasamy & Militky, 2020), por lo que es fundamental regular la exposición tanto de los trabajadores como de los consumidores a estos productos de alta toxicidad.

La conciencia medioambiental, sumada a la preocupación por la salud e higiene del último tiempo han aumentado la demanda por textiles que tengan un menor impacto y aplicación de sustancias que puedan resultar nocivas (Samanta et al., 2014). Por eso la implementación del principio sostenible en el sector del teñido es necesaria para reducir los efectos nocivos (Kumar & Joshiba, 2020) y se ha

convertido en una parte cada vez más importante en la tarea de los tintoreros, por lo que deben ser creativos e ingeniosos para modificar y minimizar el daño, considerando el uso de recursos globales, la calidad del aire, agua y tierra en el entorno inmediato de la operación y fortaleciendo la seguridad del entorno de trabajo y de producto final, en términos de toxicidad (Bide, 2007; Richards, 2015).

Fibras	Tinte	Contaminación	Tinte no fijado
Algodón, celulosa regenerada	Directos	Fijadores, alto TDS	5-20%
	Reactivos	Álcali, alto TDS	15-30%
	De tina	Álcalis, agentes oxidantes y reductores	5-8%
	Sulfurosos	Álcalis, agentes oxidantes y reductores	20-30%
Lana	Cromo	Ácidos, alto TDS, metales	5-7%
	De complejos metálicos	Ácidos, metales pesados, alto TDS,	2-8%
	Ácidos	Ácidos	7-20%
Nylon / Lana	Reactivos	Álcalis, alto TDS	5-20%
Acrílico	Básicos	Ácidos y álcalis	2-7%
Poliéster	Dispersos	Ácidos, carriers, agentes reductores	5-20%

**Tabla 3.** Contaminación asociada a los tintes. Elaboración propia. Adaptado de Periyasamy, A. P., & Militky, J. (2020)

## COLORACIÓN TEXTIL

Desde la prehistoria, el hombre se ha fascinado por darle color a objetos de uso cotidiano (Gürses et al., 2016; Kumar & Joshiba, 2020) y para muchas industrias la coloración de sus productos tiene un rol clave, ya que contribuye a la apariencia y es un factor importante en las elecciones del consumidor (Mallía & Peralta, 2017). Por lo mismo, los tintes se han aplicado a textiles y otros sustratos durante miles de años, y los tintoreros y sus proveedores han buscado continuamente desarrollar nuevos procesos y productos que conduzcan a mejores resultados (Bide, 2007).

El teñido textil es un proceso complejo que consiste en agregar color uniforme a las fibras de forma permanente mediante la impregnación de un tinte o pigmento, y tiene como objetivo aumentar su valor agregado, mejorar el rendimiento y satisfacer las necesidades del cliente (Gürses et al., 2016; Purwar, 2016). Se puede realizar en cualquier etapa de fabricación: hilados, tejidos o incluso productos terminados como prendas de vestir (Gürses et al., 2016; Lockuán, 2012b).

Los tintes se seleccionan de acuerdo a varios criterios según el rendimiento deseado, las restricciones y costos de fabricación (Gürses et al., 2016). Existen más de doce grupos diferentes de tintes en uso en la coloración textil (Nimkar, 2018), y anualmente

se producen al menos diez millones de toneladas de colorante a nivel mundial, de las cuales casi el 70% son del tipo azo (Villegas & González, 2013). Sin embargo, se considera que el requerimiento actual de colorantes es de tres millones de toneladas, lo que permite deducir que existe una sobreproducción (Radhakrishnan, 2014).

La tecnología de teñido moderna consta de varios pasos que dependen de la naturaleza de las fibras y las propiedades de los tintes o pigmentos, tales como estructura química, clasificación, disponibilidad comercial, capacidad fijación, consideraciones económicas entre otras (Gürses et al., 2016).



**Imagen 5.** Cole, J. (2019). El teñido de tejidos: el mayor problema de contaminación de la industria de la moda. Vogue España. <https://www.vogue.es/moda/articulos/tintes-toxicos-ropa-problemas-contaminacion-industria-moda>

## Proceso de tinción

El proceso de teñido generalmente consta de tres pasos principales.

### PREPARACIÓN

En esa etapa inicial se realizan una serie de operaciones que preparan el sustrato para el teñido o estampado (Lockuán, 2012b), las cuales varían según el tipo de fibra y los tratamientos posteriores. El proceso de limpieza se lleva a cabo para eliminar las impurezas de los textiles por medios físicos y/o químicos. También se puede hacer un blanqueamiento para mejorar el color final, ya que muchas fibras naturalmente no son de color blanco puro (Choudhury, 2011).

### TEÑIDO

Este paso incluye la aplicación de la solución acuosa del tinte a los sustratos textiles. Generalmente se realiza en temperaturas y presiones altas. En esta etapa se utilizan los auxiliares químicos, en caso de ser necesarios para obtener una profundidad de color uniforme o mejores propiedades de solidez (Gürses et al., 2016).

Fases del proceso de teñido:

1. **Disolución** del colorante en el baño del solvente.
2. **Transferencia** del colorante, del baño a la fibra.
3. **Distribución** homogénea del colorante en la fibra.
4. **El colorante penetra** en la estructura de la fibra y se fija. Esto depende del tiempo y la temperatura.
5. **Lavado y enjuague** del sustrato para eliminar colorante y auxiliares no fijados. (Lockuán, 2012b)

### ACABADO

Etapa final que tiene como finalidad mejorar la calidad y/o apariencia de los textiles mediante compuestos químicos. Algunos acabados utilizados normalmente son suavizado, protección microbiana o fúngica, repelencia al agua, anti flama, entre otros (Gürses et al., 2016).

El acabado textil es el procesamiento de la tela a través de varios métodos de acabado mecánicos y químicos que mejoran la calidad de la tela de acuerdo con las necesidades del cliente (Kumar & Joshiba, 2020).

## Métodos de aplicación del teñido

Existen dos métodos diferentes para transferir el colorante del baño a la fibra.

### TEÑIDO POR AGOTAMIENTO:

En esta técnica el colorante se disuelve en el baño de teñido y se traspasa a la fibra por el movimiento del líquido o del sustrato que se esté teñiendo (Clark, 2011). Al sumergirlo, la totalidad del material queda en contacto con el tinte, por lo tanto las fibras absorben gradualmente el color. Una vez que el colorante se haya transferido mayoritariamente al material de forma homogénea, y haya penetrado en la fibra hasta fijarse, se retira y se lava para eliminar la tintura no fijada (Gürses et al., 2016; Lockuán, 2012b). Para obtener un teñido bien penetrado en la fibra es fundamental controlar cuidadosamente la temperatura, pH del baño, y la concentración de los químicos auxiliares (Gürses et al., 2016).

Este proceso se puede utilizar para fibras, hilos y tejidos y consiste de cuatro fases principales:

**1. Disolución y dispersión del colorante:** el colorante en estado sólido se equilibra en forma molecular o micelar, o en forma de micro polvo disperso.

**2. Absorción:** el colorante es absorbido en la superficie de la fibra según la afinidad que tengan a través de enlaces químicos.

**3. Difusión:** el colorante penetra dentro de las fibras a través de sus zonas amorfas, distribuyéndose homogéneamente y fijándose de forma continua. Es la etapa más lenta del proceso, y es la más importante, siendo esencial para una óptima solidez, y por ende una buena calidad.

**4. Migración:** el colorante se difunde hacia las capas externas de la fibra y luego vuelve, para migrar hacia las zonas donde hay una menor concentración, mejorando la igualdad de color. (Lockuán, 2012b)

### TEÑIDO POR SISTEMAS CONTINUOS:

En este proceso el teñido del material y la fijación del tinte se llevan a cabo de forma continua en una operación simultánea usando medios mecánicos (Clark, 2011). La aplicación del colorante se realiza por aplicación directa, distribuyendo homogéneamente el baño de teñido sobre la tela (Lockuán, 2012), para que penetre en el tejido o mediante la inmersión continua de la tela en el baño y eliminando el exceso mediante rodillos de compresión (Clark, 2011).

## Variables y parámetros

### VARIABLES

El **sustrato** es el material a teñir y puede presentarse como fibra, hilo, tejido o incluso prendas. Las distintas formas tienen factores propios que influyen en el teñido.

Los **insumos** son aquellos productos que alteran el color, principalmente tintes o pigmentos.

La **maquinaria** puede depender del sustrato y del sistema de teñido que se lleva a cabo, ya que cada proceso requiere de un equipamiento específico para realizarse.

El **factor humano** es fundamental, ya que define las decisiones sobre las otras variables y comprende los niveles operativos. (Lockuán, 2012b)

### PARÁMETROS

Factores que se pueden controlar durante el proceso, y al variar sus cantidades se puede evaluar el efecto que tienen en el producto final. Algunos son:

**Concentración** del tinte, en relación al sustrato o al volumen del baño.

**Temperatura y tiempo.**

El **pH** determina la acidez o alcalinidad del baño.

La **relación de baño**, es la relación entre el peso del material a procesar y el volumen de baño a usar. Se puede entender como los litros necesarios para procesar un kilogramo de sustrato.

Los **agentes auxiliares** se utilizan en conjunto con los colorantes y ayudan a obtener resultados óptimos durante el proceso. Hay muchos diferentes y cada uno cumple una función definida que muchas veces depende de las condiciones de temperatura y pH. (Lockuán, 2012b)

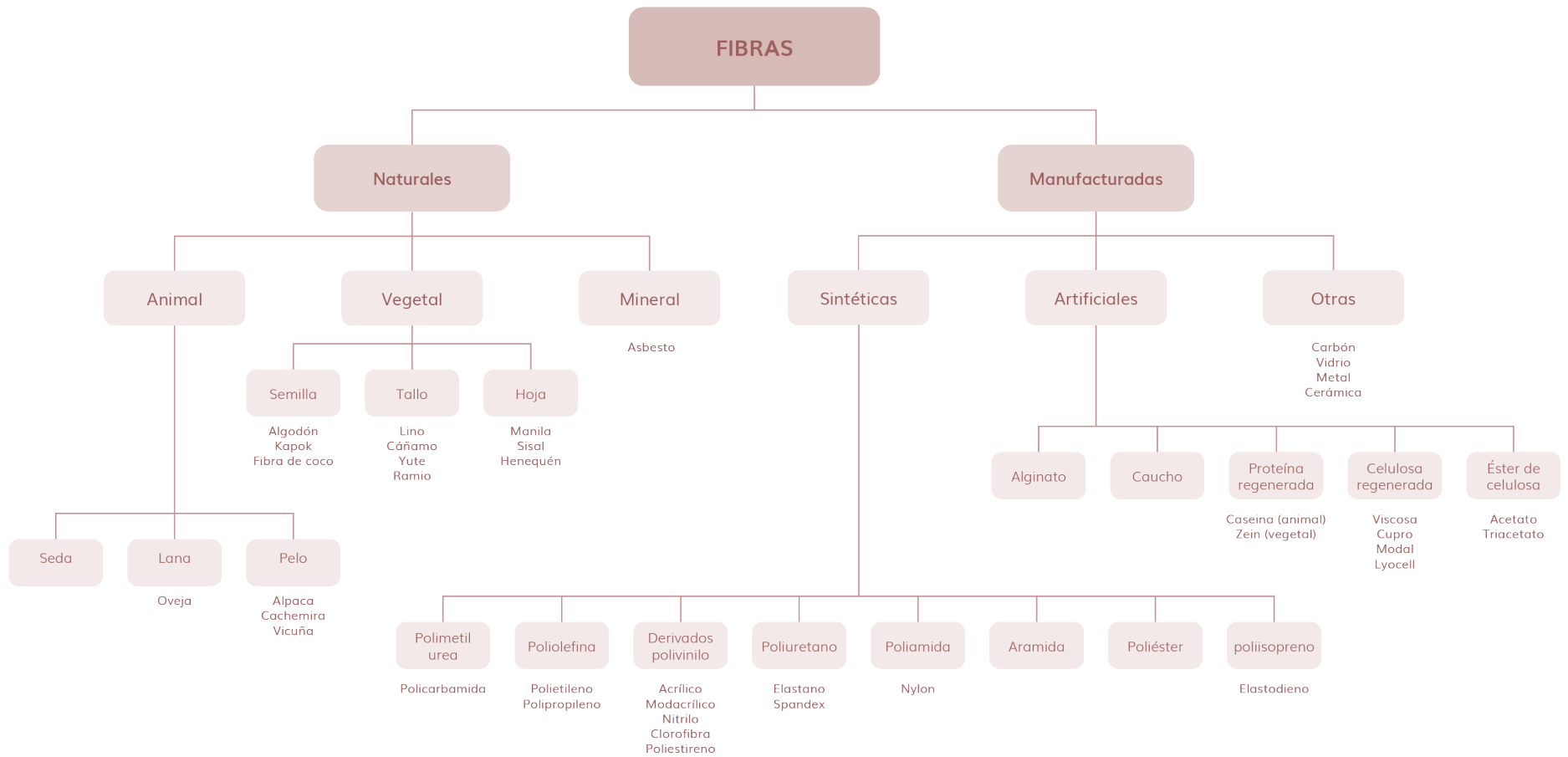


## FIBRAS TEXTILES

Existe una amplia diversidad de formas físicas y estructurales de materiales textiles, que además pueden diferir en su composición química, pero todos provienen del mismo punto inicial que es la fibra. Las fibras textiles se definen como una materia prima textil caracterizada por su flexibilidad, finura y alta relación de longitud a espesor. Tradicionalmente se clasifican según su origen, pudiendo ser natural, artificial o sintético (Grishanov, 2011).

Las fibras naturales provienen de tres fuentes principales: vegetal o celulosa, animal o proteica y mineral. Las artificiales son aquellas que se obtienen a partir de polímeros naturales (Grishanov, 2011) y las sintéticas se originan de los monómeros de la industria del carbón y petróleo para formar polímeros mediante procesos químicos (Lockuán, 2012a).

Dentro de las naturales, el algodón es la fibra de celulosa más utilizada. Generalmente se tiñe por sistema de agotamiento, al igual que otras fibras celulósicas ya sean naturales o regeneradas, como la viscosa y lyocell, que tienen propiedades similares de teñido (Richards, 2015). Las fibras proteicas como la lana y la seda tienen mejor afinidad con los tintes, por lo que el agotamiento es mayor y el proceso suele ser más sencillo, se requieren menos auxiliares y los valores de pH suelen ser más cercanos a los neutros (Bide, 2007). Estas fibras se tiñen con mayor frecuencia con tintes ácidos, al igual que el nylon (Richards, 2015).



**Figura 2. Fibras textiles**  
Elaboración propia. Adaptado de Grishanov, S (2011)

# COLORANTES

El término colorante se utiliza para referirse a los elementos que se utilizan para añadir o cambiar el color de algo. Los colorantes más importantes son los tintes y los pigmentos, los cuales son ampliamente utilizados en diferentes industrias, entre ellas la textil, farmacéutica, alimentaria, cosmética, entre otras (Gürses et al., 2016).

Los tintes son sustancias solubles en agua o un solvente orgánico y por lo tanto se dispersan a nivel molecular durante el proceso de aplicación. Se utilizan para colorear sustratos con los que tienen afinidad química, impartiendo el color por absorción selectiva de la luz. Proporcionan un color brillante y fuerte, y son fáciles de procesar, pero tienen poca durabilidad, y baja estabilidad al calor y la luz (Gürses et al., 2016).

Los pigmentos por el contrario, según la CPMA (Asociación de Fabricantes de Pigmentos de Color) son sólidos orgánicos o inorgánicos insolubles que se dispersan como partículas que no se ven afectadas química ni físicamente ni por el vehículo o sustrato en el que se incorporan. Se pueden usar para darle color a cualquier sustrato polimérico, mediante un mecanismo bastante diferente al de los tintes, interviniendo sólo la coloración de la superficie. Alteran la apariencia del sustrato por absorción selectiva y/o dispersión de la luz (Gürses et al., 2016).

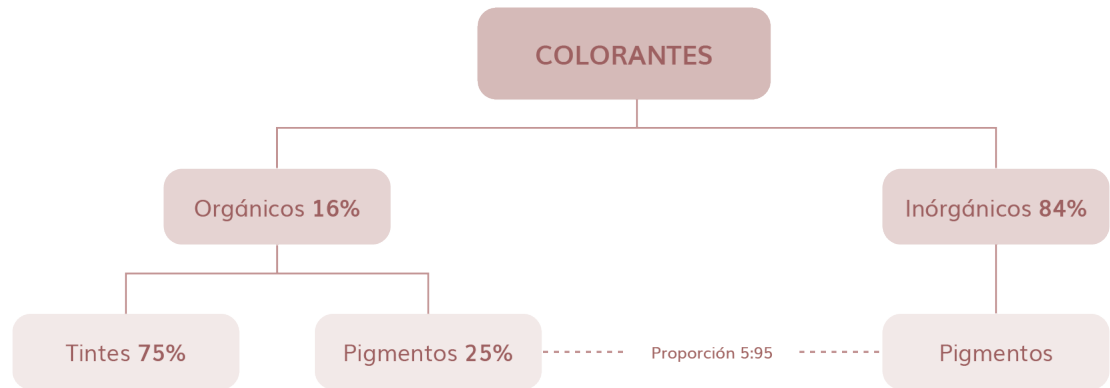


Figura 3. Proporción tintes y pigmentos. Elaboración propia. Adaptado de Gürses, A. et al. (2016)

## TINTES SINTÉTICOS

El año 1856 el científico William Henry Perkin descubrió por accidente el primer tinte sintético, la mauveína, hecho que provocó la decadencia del uso de colorantes naturales utilizados amplia y exclusivamente hasta entonces (Kusumastuti et al., 2019), ya que no lograban cubrir la demanda creciente del mercado (Mallía & Peralta, 2017).

Actualmente la industria del teñido utiliza una cantidad excesiva de tintes sintéticos (Kusumastuti et al., 2019) para cumplir con la producción global requerida. Se contabiliza que hay alrededor de 3.600 tintes diferentes, cada uno útil y adecuado para una fibra, uso o proceso determinados (Cuenca et al., 2019).

Gracias a la amplia gama de colores que ofrecen los tintes sintéticos, el mayor rango de tonos brillantes y las mejores propiedades de solidez, el uso de tintes naturales se vio disminuido prácticamente por completo (Purwar, 2016; Zarkogianni et al., 2011). Sin embargo, en el último tiempo ha aumentado la preocupación por el uso de estos colorantes y los daños que provocan tanto en el medioambiente como en la salud humana (Radhakrishnan, 2014).

Estos tintes se basan en compuestos de petróleo, y su producción implica muchas reacciones violentas, que se llevan a cabo a altas temperaturas y presión utilizando productos químicos nocivos. Además la aplicación provoca graves riesgos para la salud de los trabajadores que se exponen a esos agentes e influye negativamente en el equilibrio ecológico de la naturaleza, ya que los subproductos se descargan en los ríos, estanques y atmósfera, aumentando la contaminación (Kusumastuti et al., 2019).



**Imagen 6.** VENRESBLOG. (2018). EMPRESAS TEXTILES: RESPONSABLES DE LA CONTAMINACIÓN POR EXCELENCIA DEL SIGLO XXI. <https://venresblog.wordpress.com/2016/07/25/las-empresas-textiles-responsables-de-la-contaminacion-de-moda-del-siglo-xxi/>

## TEÑIDO NATURAL

Debido a la conciencia global del medio ambiente y la demanda de estilos de vida más saludables, últimamente se han hecho esfuerzos para explorar la aplicación de extractos de origen natural, para la coloración y funcionalización de textiles, desarrollando un procesamiento más sostenible y satisfaciendo la demanda de textiles ecológicos (Samanta et al., 2014) de un creciente nicho de mercado de consumidores conscientes que prefieren estos textiles (Radhakrishnan, 2014).

Los tintes naturales fueron utilizados antiguamente hasta el descubrimiento de los colorantes sintéticos, y aunque perdieron popularidad, en algunos lugares del mundo se mantuvo su aplicación de forma artesanal, ya que forma parte de la herencia cultural y las tradiciones (Purwar, 2016).

Se obtienen principalmente de plantas, aunque también pueden obtenerse de ciertos animales y minerales (Singh & Bharati, 2014). Además de aportar color a la fibra, se han empleado para la funcionalización de textiles, como protección UV, barrera antimicrobiana, retardante de llama y repelente de mosquitos (Samanta et al., 2014). Estos tintes son considerados ecológicos y eco-amigables, dado que provienen de fuentes renovables y son biodegradables. Además la materia residual se puede convertir en abono y usar como fertilizante, y no requieren de productos químicos agresivos para la aplicación, por lo que tienen menor impacto ambiental (Periyasamy & Militky, 2020). Gustan al usuario al producir tonos suaves, agradables a la vista, y generalmente no son tóxicos ni generan daño en la piel (Gürses et al., 2016; Radhakrishnan, 2014).



Imagen 7. Studio Folklore. (s. f.). Kit de teñido natural. <https://es.studiofolklore.net/products/copy-of-introduction-to-natural-dyeing-online-workshop-kit>





Este teñido consiste en un proceso de varios pasos que implica la extracción del tinte, y luego la aplicación de mordiente y del color. La extracción generalmente se realiza en un medio acuoso que puede tener condiciones ácidas o alcalinas, según la estabilidad del tinte en los diferentes pH. Los mordientes son productos que ayudan a fijar el color a la fibra, mejorando la afinidad del sustrato con el colorante y por lo tanto la solidez (Periyasamy & Militky, 2020; Purwar, 2016). Generalmente se usan sales metálicas, los más comunes y también seguros son el alumbre y hierro (Zarkogianni et al., 2011), aunque también se han realizado pruebas con taninos y biomordientes. Además, los diferentes mordientes pueden alterar el color final, haciéndolo más oscuro o más brillante (Gürses et al., 2016). La elección de mordiente, los tiempos de extracción y teñido, el control de la temperatura y pH, juegan un rol crítico en el teñido (Radhakrishnan, 2014; Samanta et al., 2014)

Actualmente tienen una participación sólo del 1% en la industria textil, debido a ciertas dificultades como la falta de disponibilidad en una forma estándar lista para usar, y la imposibilidad de usar la maquinaria existente por las diferencias entre los procesos de teñido. El largo proceso para extraer el color y la disponibilidad estacional también representan barreras importantes para aumentar la aplicación

(Radhakrishnan, 2014). Además los tonos son difíciles de reproducir, generalmente tienen baja solidez (Gürses et al., 2016; Kusumastuti et al., 2019) y no se utilizan en fibras sintéticas, que representan un porcentaje importante de la producción (Gürses et al., 2016; Periyasamy & Militky, 2020; Richards, 2015).

Es por eso que es importante promover el uso de tintes naturales, a través de la búsqueda de nuevos métodos que permitan extender su rango de aplicación y alentar el uso en una escala más comercial, en lugar de restringirlos a pequeñas industrias artesanales, por lo que se necesita llevar a cabo investigaciones y el desarrollo de técnicas de extracción y aplicación estandarizadas en diferentes fibras, que garanticen además la disponibilidad de forma inmediata, para una mejor y rápida aplicación (Singh & Bharati, 2014).

# CLASIFICACIÓN DE LOS TINTES

Según estructura química:

## AZO

Son los más utilizados y representan el grupo más importante de colorantes sintéticos con más del 60% del total de los tintes, debido a su síntesis relativamente simple y a un número casi ilimitado de sustituyentes (Gürses et al., 2016). Son pigmentos insolubles que se adhieren a la fibra gracias a la reacción de dos componentes solubles, y tienen excelente solidez a la luz y lavado (Richards, 2015).

## ANTRAQUINONA

Segunda clase más importante, provienen de productos naturales como bacterias, hongos, líquenes y plantas. Tienen excelente fotoestabilidad en la aplicación textil, pero mayor costo que los azo.

## FTALOCIANINA

son análogos de los pigmentos naturales. Tienen una estabilidad excepcional, siendo los mejores en ese aspecto de todos los colorantes usados en la actualidad, sin embargo sus tonos están restringidos al verde y azul.

## ÍNDIGO

Compuesto orgánico de color azul y es uno de los tintes orgánicos más antiguos utilizados.

## DE AZUFRE

Son insolubles en agua que deben reducirse a la forma leuco para aplicarlos en el sustrato. Constituyen una clase importante para el teñido de fibras celulósicas que requieren buena solidez al lavado, para tonos oscuros o apagados, principalmente el negro. Últimamente hay una mayor preocupación por la descarga de sulfuro de sodio mediante las aguas residuales.

## NITRO Y NITROSO

Estos compuestos son capaces de formar complejos metálicos que son pigmentos de pequeñas estructuras moleculares. Los primeros eran tintes ácidos usados para teñir fibras animales, pero actualmente tienen menor importancia comercial. (Gürses et al., 2016; Richards, 2015)



Según métodos de aplicación:

## **REACTIVOS**

Estos tintes contienen grupos químicos dentro de la molécula que forman enlaces covalentes con la celulosa (Fashionary, 2016), logrando una excelente solidez del color, por lo que son los más importantes para la coloración de estas fibras (Gürses et al., 2016). Están disponibles en un amplio rango de colores y tonos que se caracterizan por su brillantez, aunque su costo suele ser más elevado y requieren tiempos prolongados de aplicación (Lockuán, 2012b; Richards, 2015).

## **BÁSICOS**

También conocidos como tintes catiónicos, son generalmente hidrocloruros de sales o bases orgánicas que se caracterizan por tener carga positiva. Originalmente se usaban para fibras proteicas y algodón mordentado, pero se descontinuaron debido a su baja solidez a la luz, hasta que se descubrió que sirven para fibras acrílicas (Gürses et al., 2016; Lockuán, 2012b) con una paleta amplia de colores brillantes (Fashionary, 2016).

## **ÁCIDOS**

Llamados así por su aplicación en condiciones ácidas, son fáciles de aplicar, tienen una amplia gama de colores y pueden tener muy buenas propiedades de solidez (Fashionary, 2016). Se dividen en tres categorías según sus propiedades: niveladores, de molienda o de super molienda (Richards, 2015). Se utilizan principalmente en la lana, seda, poliamida y fibras de polipropileno, y en mezclas que contengan las ya mencionadas (Gürses et al., 2016).

## **DISPERSOS**

Son tintes sustancialmente insolubles que tienen sustantividad para varias fibras hidrofóbicas, como el nylon, acetato y acrílico. Se aplican a partir de una fina dispersión acuosa, en la cual las moléculas del tinte se suspenden en el agua, en lugar de diluirse (Gürses et al., 2016; Richards, 2015). En el baño de teñido el colorante se encuentra en tres estados diferentes: en solución, en micelas y como sólido, y solo la parte que está en solución es absorbida por la fibra (Lockuán, 2012b).

## **DIRECTOS**

Estos colorantes son solubles en agua y representan el grupo más grande de esta categoría. Son relativamente fáciles de aplicar y tienen alta afinidad con las fibras de celulosa (Gürses et al., 2016). Proporcionan una amplia variedad de tonos a bajos costos, pero generalmente con poco brillo y las propiedades de solidez a tratamientos húmedos no son muy buenas (Fashionary, 2016; Lockuán, 2012b).

## **DE TINA**

Son pigmentos insolubles en agua, pero de todas formas se denominan tintes ya que se realiza una reducción química en solución alcalina que los convierte en forma leuco que es soluble y tiene afinidad con el algodón (Gürses et al., 2016). Tienen excelente solidez al lavado y la luz, sobresaliendo en las fibras de celulosa (Bide, 2007). Sin embargo tienen un costo alto y son difíciles de aplicar (Richards, 2015), además de proporcionar una paleta de colores limitada en tonos apagados (Fashionary, 2016; Lockuán, 2012b).

# COLOR

El Diccionario de Oxford en inglés describe el color como "la sensación producida en el ojo por la resolución espectral o la reflexión superficial selectiva de los rayos de luz". Entonces, el color es una percepción humana y no una parte intrínseca de un objeto (Richards, 2015), una respuesta a un estímulo visual de luz (Bleicher, 2012).

La percepción del color resulta entonces de la interacción de tres factores: una fuente de luz, un objeto a iluminar y un observador (Berns, 2019).

La luz es un rango de ondas electromagnéticas que el ojo humano puede detectar. Diferentes longitudes de onda producen distintas percepciones de color (Malacara, 2011), estas se miden en nanómetros y el espectro visible se encuentra entre los 380 y 770 nm (Berns, 2019; Richards, 2015), produciendo las ondas más cortas los tonos azul-violeta, las medias el verde y las más largas los rojos (Bleicher, 2012).

Cuando el objeto recibe la luz, absorbe algunas longitudes de onda y refleja otras, estas son las que llegan al ojo del receptor (Richards, 2015).

Al entrar al ojo, la luz llega a la parte posterior, específicamente la retina, donde se encuentran dos tipos de fotorreceptores: los bastones, responsables de la visión nocturna, y los conos, encargados de la

visión de color fotópica o diurna, por lo que requieren de mucha luz para procesar la información (Malacara, 2011). El ojo es un receptor muy completo que envía la información en forma de impulsos eléctricos al cerebro, y este a su vez convierte la señal detectada en lo que se reconoce como color (Bleicher, 2012).

Cualquier color debe especificarse mediante tres parámetros (Malacara, 2011):

**Tono:** también denominado matiz, se refiere al color en sí mismo, es decir la diferencia entre un rojo y un azul (Hernández-Castro, 2016). Un aspecto importante es la falta de un punto de inicio y de fin, por ende, los colores que varían en tono generalmente se organizan en un anillo cerrado (Berns, 2019).

**Saturación:** se refiere al grado de pureza de un matiz. Algunos autores la definen como la combinación de un color con el gris medio, ya que a medida que un color pierde saturación se vuelve más grisáceo (Hernández-Castro, 2016). También conoce como intensidad cromática (Berns, 2019).

**Luminosidad:** es la cantidad de luz que ilumina el color, o simplemente la combinación de un tono con el blanco en un extremo y con el negro por el otro (Hernández-Castro, 2016). Otro nombre común es valor (Berns, 2019).

## Colorimetría

Es la ciencia que estudia la medición del color y permite obtener valores numéricos para la especificación del mismo (Berns, 2019). Los principales estándares y procedimientos fueron establecidos por La Commission Internationale de l'Eclairage (CIE), la cual estandarizó las fuentes de luz, definió una respuesta estándar del observador, y también la geometría de los espectrofotómetros de reflectancia (Choudhury, 2014; Gupte, 2010). El color entonces se especifica en valores triestímulo ( $x, y, z$ ), que se convierten para calcular la cromaticidad (Gupte, 2010).

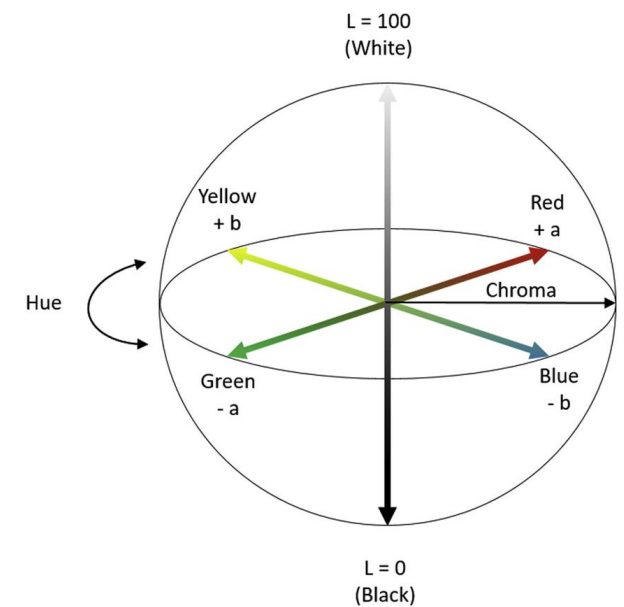
### ESPACIO DE COLOR CIE L\*A\*B\*

Sistema definido en 1976 por la convención CIE, recomendado para las industrias de plásticos, textiles y pinturas. Representa la relación cuantitativa de colores en tres ejes:

- La luminancia se representa en el eje Z, con valores de cero para el negro hasta 100 para el blanco.
- En el eje  $a^*$ , los valores positivos representan la cantidad de rojo y los negativos la cantidad de verde. La máxima magnitud posible es  $\pm 100$ .
- En el eje  $b^*$ , los valores positivos representan la cantidad de amarillo, y los negativos la cantidad de azul. La máxima magnitud posible es  $\pm 200$  (Malacara, 2011).

### ESPECTROFOTÓMETRO

La espectrofotometría mide la reflectancia de una muestra en longitudes de ondas (Choudhury, 2014) a través de un espectrofotómetro. Este instrumento consiste en un sensor que se conecta a un procesador de datos, generalmente un computador, que permite calcular datos colorimétricos. Se pueden usar diferentes combinaciones de fuente de luz y observador para calcular los valores triestímulo, y permite comparar colores similares y ajustes de diferencias pequeñas en condiciones constantes por lo que es óptimo para inspecciones de calidad (Malacara, 2011).



**Imagen 9.** Espacio de color CIELAB. Ly, Bao & Dyer, Ethan & Feig, Jessica & Chien, Anna & Bino, Sandra. (2020). Research Techniques Made Simple: Cutaneous Colorimetry: A Reliable Technique for Objective Skin Color Measurement. The Journal of investigative dermatology.

## RESIDUOS AGRÍCOLAS COMO FUENTE DE COLOR

Los tintes naturales son considerados sostenibles, por varias razones antes nombradas, pero actualmente no pueden satisfacer la enorme demanda del sector textil, en parte por la dificultad de aplicarlos pero también de conseguirlos (Radhakrishnan, 2014). Las principales fuentes de colorantes naturales se dividen en tres categorías: productos primarios de la agricultura, residuos y subproductos de la agricultura y silvicultura y residuos de las industrias de alimentos y bebestibles (Shahid et al., 2013).

La mayoría de los tintes naturales provienen de especies vegetales, pero los suelos se utilizan de forma preferencial para alimento y ganado, por lo que hay poca disponibilidad para cultivar esas especies tintóreas (Gregory, 2007). Además se debe considerar la biodiversidad, ya que en caso de encontrarse disponibles, una sobreexplotación de recursos naturales para obtener tintes podría resultar dañina para algunos ecosistemas y amenazar especies en peligro (Radhakrishnan, 2014). Es por eso que hay un mayor potencial en la segunda y tercera categoría mencionadas, que promueven el aprovechamiento de desechos y subproductos, en lugar de extraer nuevos recursos, creando ciclos cerrados que son la base del crecimiento económico y responden a la base de la economía circular (Ellen Macarthur Foundation, 2013). Los desperdicios de estas industrias se eliminan de maneras costosas,

entre ellas la alimentación animal, el descarte en vertederos y la incineración y además tienen un fuerte impacto ambiental debido a su carga orgánica, por lo que es primordial considerarlos como nuevas materias primas (Toro, 2012).

El uso de estos recursos, resulta prometedor ya que puede reducir los costos involucrados en la producción de tintes naturales (Shahid et al., 2013), ya que además de los gastos asociados a la recolección y transporte, no se necesitarían mayores inversiones (Radhakrishnan, 2014). También se verían beneficiadas las industrias que buscan nuevas formas de reutilizar y reciclar sus desechos para lograr una producción más sustentable.

La producción industrial de alimentos y bebidas produce una gran cantidad de desechos vegetales con cantidades considerables de materias colorantes que podrían utilizarse como fuente de tintes naturales para las industrias textiles. Para ello debe realizarse una investigación cuidadosa del sistema de la cadena de suministro y la optimización de las variables del procesamiento (Shahid et al., 2013), por lo que es necesario explorar nuevas formas que permitan transformar los residuos en colorantes que faciliten el acceso al teñido natural de manera sostenible, y por consecuencia aumente su uso en la industria textil.

## Persea americana: palta

La palta es una fruta tropical originaria de México y América Central, que debido a sus beneficios nutricionales ha despertado un creciente interés en todo el mundo (Araújo et al., 2018). Se estima que en los últimos 50 años la producción y superficie cosechada de palta ha tenido un crecimiento constante con una tasa media anual de 3,7% a nivel mundial (Muñoz, 2018). Actualmente la palta está disponible todo el año, y más de 60 países producen diferentes variedades, siendo la Hass la que domina el mercado internacional (Araújo et al., 2018; Dabas et al., 2011).

Hasta el año 2012, Chile era el segundo país productor-exportador de paltas al mundo, hasta ser desplazado por Perú que tuvo un rápido crecimiento (Muñoz, 2018). Aun así, la producción de palta ocupa el cuarto puesto de las plantaciones frutales a nivel nacional, y para el año pasado alcanzó a superar las 30.000 hectáreas plantadas, de las cuales el 95% se encuentra entre las regiones Coquimbo y Metropolitana, y el 90% son plantaciones de variedad Hass. (Muñoz, 2018; ODEPA, 2021). Por otro lado, se estima que es el segundo país en consumir más este fruto, con un promedio de 8 kg per cápita anual (Universidad de Chile, 2018).



Figura 4. Superficie y Producción de palta en la últimas décadas. Elaboración propia. Adaptado de Muñoz (2018)

El consumo de este fruto genera una gran cantidad de desechos orgánicos que se descartan, lo que repercute de forma negativa en el medioambiente. Estos residuos son principalmente el hueso y cáscara, que representan entre el 20-30% del total del fruto (Araújo et al., 2018) y tienen un excelente potencial, ya que son ricos en biocompuestos y poseen capacidades antioxidante y antimicrobiana que podían aprovecharse en diferentes industrias (Araújo et al., 2018; Toro, 2012). Es por esto, que actualmente existe un gran interés científico y tecnológico en la investigación y desarrollo de nuevas aplicaciones de estos compuestos, con el fin de aprovechar los materiales considerados residuos (Toro, 2012).

Estos residuos, además, tienen un excelente potencial como fuente de tinte natural, y ya han sido utilizados en diversos métodos artesanales. La literatura ha demostrado que la semilla de este fruto se utilizaba antiguamente para obtener una tinta indeleble que se puede utilizar en los textiles (Devia & Saldarriaga, 2005). En su contenido químico se encuentran formas poliméricas derivadas de epicatequina (flavonoide) y protantocianidina trimérica que brindan el color característico del tinte obtenido (Devia & Saldarriaga, 2005; Mallía & Peralta, 2017). Tanto los flavonoides como las antocianinas son compuestos encargados de los colores rojos, azules y violáceos en los vegetales (Becerra & Monzon, 2019). Por otro lado,

las antocianinas pueden sufrir cambios estructurales reversibles según el pH de la solución, manifestándose en cambios de color, proceso que también ocurre con el producto obtenido de la semilla de palta (Devia & Saldarriaga, 2005), permitiendo una variación de tonos desde el amarillo a rojo purpura, según sean las condiciones del proceso (Mallía & Peralta, 2017). Además el hueso de palta tiene un alto contenido de taninos condensados (Devia & Saldarriaga, 2005), un componente que se ha utilizado como mordiente para el teñido (Gürses et al., 2016), por lo que no se requiere de la aplicación de otros agentes para fijar el color a las fibras, simplificando el proceso y por ende, eliminando costos.

Actualmente, el teñido a partir de los huesos y cáscara de palta se sigue utilizando de forma artesanal y para pequeñas producciones. Sin embargo, aún no se han realizado investigaciones o estudios que promuevan la estandarización del proceso para aplicar el color en diferentes fibras textiles, con la finalidad de llevar su uso a una mayor escala.

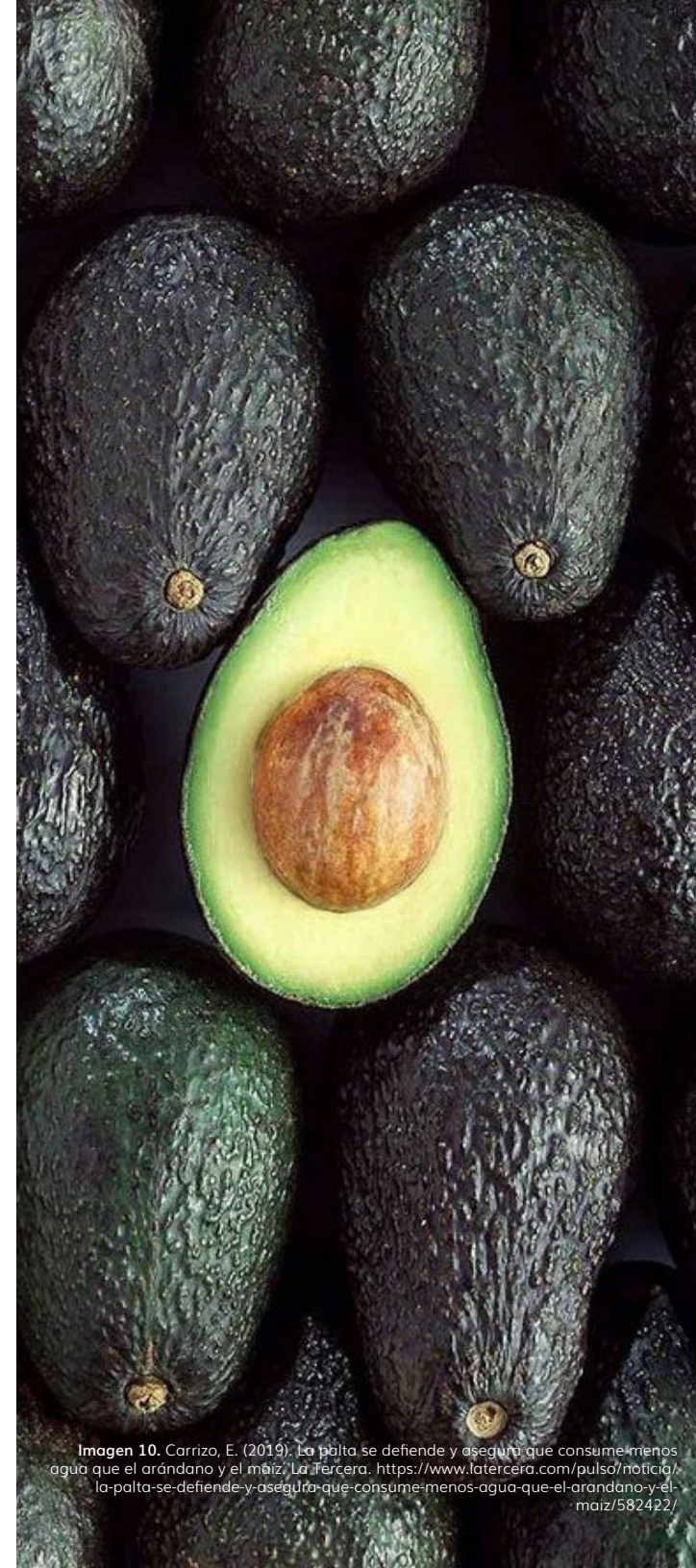


Imagen 10. Carrizo, E. (2019). La palta se defiende y asegura que consume menos agua que el arándano y el maíz. *La Tercera*. <https://www.latercera.com/pulso/noticia/la-palta-se-defiende-y-asegura-que-consume-menos-agua-que-el-arandano-y-el-maiz/582422/>



# MÉTODOS DE CONSERVACIÓN

Como el tinte obtenido de los residuos de palta se trata de un derivado de un producto alimenticio, se pueden aplicar los mismos métodos de conservación para evitar el deterioro y aumentar su vida útil. Todos los alimentos se echan a perder en función de tres mecanismos:

- a) por contaminación microbiana con bacterias, hongos y levaduras que pueden crecer a la mayoría de los alimentos, en especial los frescos.
- b) por enzimas endógenas que provocan la maduración y pudrición de vegetales, la destrucción de vitaminas y la generación de compuestos olorosos, entre otras.
- c) por reacciones químicas: altas temperaturas, oxígeno, luz, metales y otros. (Badui, 2012)

Para controlar estos procesos naturales se utilizan sistemas de conservación que pueden basarse en principios físicos, químicos o biológicos. A continuación se describen los métodos que se utilizaron en el desarrollo del proyecto.

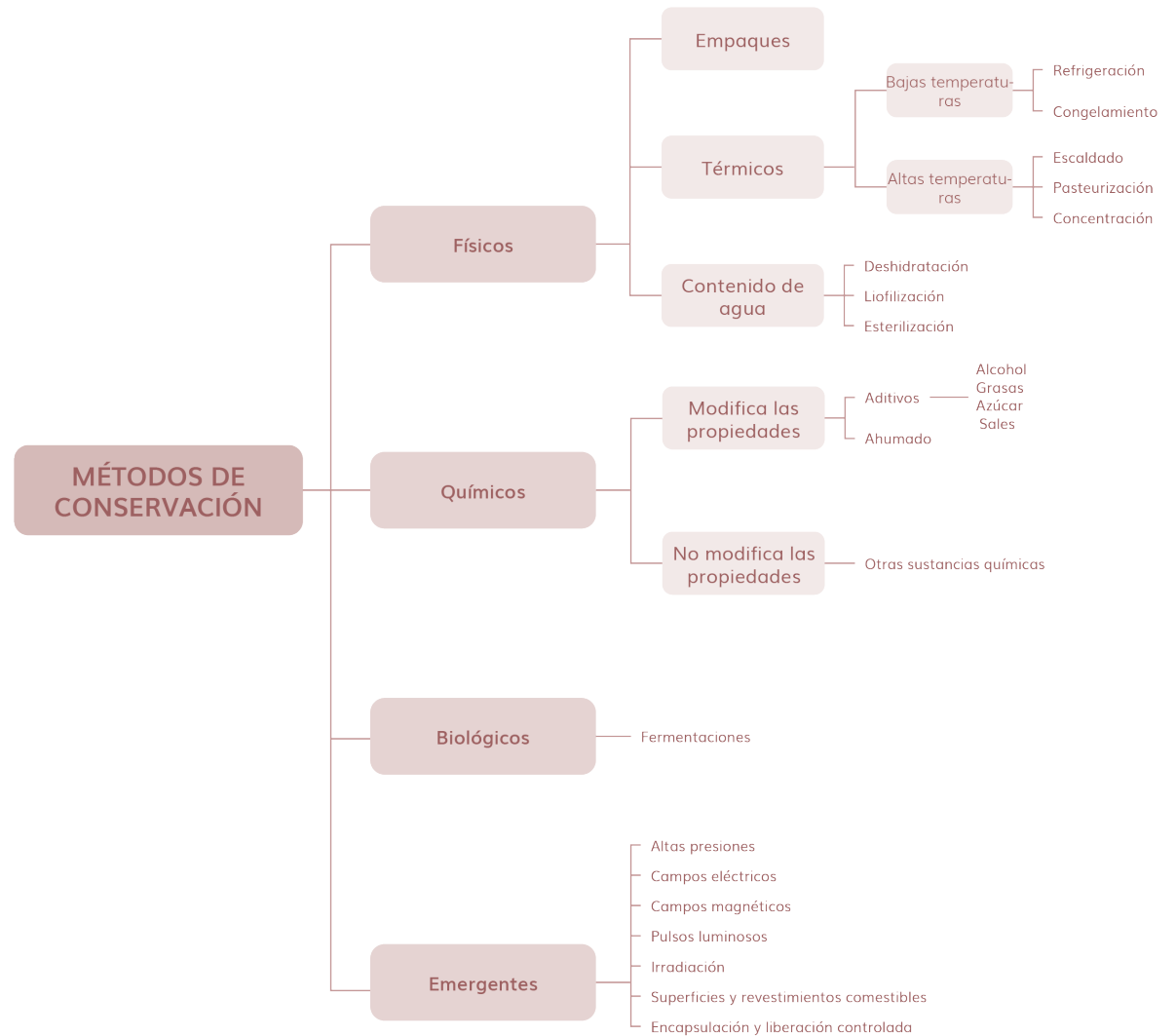


Figura 5. Métodos de conservación. Elaboración propia. Adaptado de Aguilar (2012)



## CONGELACIÓN

La temperatura es el factor ambiental que se puede controlar más fácilmente para controlar la carga microbiana por un tiempo determinado. La zona de peligro, es decir que permite el desarrollo de microorganismos, se encuentra entre los 5°C y 60°C (Aguilar, 2012). Todos los mecanismos de deterioro se pueden inhibir a bajas temperaturas, y la congelación es considerada una de las mejores técnicas de conservación a largo plazo en condiciones naturales, sin la necesidad de agregar un conservante (Aguilar, 2012). Este método no esteriliza, sólo conserva prolongando la vida útil (Aguilar, 2012) ya que evita que las reacciones químicas prosperen, inactiva las enzimas e inhibe el crecimiento de bacterias, pero no las destruye (Badui, 2012).

## SECADO-DESHIDRATACIÓN

El proceso de secado es una de las tecnologías más antiguas utilizadas, y se puede realizar de tres formas distintas: por aire o contacto, al vacío y por liofilización (Aguilar, 2012). Al reducir el contenido de agua se evita la proliferación de bacterias y se conservan mejor los alimentos. Mediante la evaporación se puede obtener la concentración y deshidratación, la primera produce líquidos viscosos, y la segunda implica una reducción mayor, eliminando casi el total del contenido acuoso (Badui, 2012). Este método mejora la estabilidad de los productos y reduce el peso y volumen, que a su vez implica menores costos de transporte y almacenamiento (Aguilar, 2012).

## ALCOHOL

Por definición, los aditivos son sustancias que se añaden a los alimentos con distintas finalidades, entre ellas conservar (Badui, 2012). Las sustancias químicas prolongan la vida útil debido a sus propiedades de antiparadeamiento (frenar reacciones enzimáticas), antioxidante y antimicrobiana (Aguilar, 2012).

# 03

## ANTECEDENTES Y REFERENTES

## ANTECEDENTES



### ARCHROMA: EARTH COLORS

Reconocida marca en la industria textil que comercializa tintes y otros agentes para la funcionalización de las fibras. El año (averiguar) lanzaron una serie de seis colorantes textiles a partir de desechos de las industrias agrícolas y alimentaria, entre ellos cascara de almendra y naranja, restos de betarragas, y residuos del algodón.

Foto: Archroma. (2014). Nature-Inspired Clothing Colors With Full Traceability. <https://www.archroma.com/press/releases/nature-inspired-clothing-colors-with-full-traceability>



### CHIPOTLE MEXICAN GRILL

La cadena de restaurant, desecha grandes cantidades de residuos de palta, por lo que lanzó una edición limitada con prendas de algodón orgánico teñidas con los cuecos para su marca Chipotle Goods.

Foto: Chipotle. (s. f.). Chipotle Goods. <https://chipotlegoods.com/>



### ROSA TERRÁQUEO

Proyecto de experimentación textil y posterior colección de indumentaria, realizado por xx Pombo, ingeniera venezolana que reside en Nueva York, donde tiene un estudio que se dedica al teñido de textiles con tinte natural a pedido.

Analizó el teñido con palta utilizando agua de diferentes orígenes para evaluar la influencia de esta en el color final.

Foto: Pombo, M. (2018). Rosa Terráqueo Research. Fragmentario. <https://www.fragmentario.co/rosa-terraqueo-research>



## BOTANICAL COLORS

Esta empresa comercializa diferentes productos para teñir, todos a partir de materia natural, entre ellos colorantes, materiales secos, extractos líquidos, mordientes, además de tintas naturales, kits y talleres. Tienen una amplia gama de los tintes naturales más comunes como índigo, rubia, maravilla y palo de campeche.

Foto: DuFault, A. (2021, 20 octubre). The Many Faces of Sappanwood Extract: Just Add More (Or Less) Dye + Iron. Botanical Colors. <https://botanicalcolors.com/2021/10/20/the-many-faces-of-sappanwood-extract-just-add-more-or-less-dye-iron/>

## INVESTIGACIONES

También se revisaron algunas investigaciones sobre creación de colorantes vegetales, y de cada una se rescató lo siguiente:

### Extracción de un colorante natural mediante la pepa del aguacate

Define un proceso para la extracción de un posible colorante, pero no estudia la aplicación en fibras textiles por lo que no estudia el comportamiento del colorante en el teñido

### Production of natural dyes powder based on chemo-physical technology for textile application

Investigación para la creación de polvos a partir de tintes naturales en general, mediante un proceso industrial.



## REFERENTES



### BELÉN VILLAVICENCIO

Artista textil chilena que tiene una marca-taller homónimo dedicada al teñido artesanal con tintes naturales, estampado botánico y la experimentación de estos métodos y otras aplicaciones textiles. Ha realizado colaboraciones con otros emprendedores nacionales como Bella Tribu, y Club Solar. Además comercializa insumos para el teñido, realiza workshops, talleres y teñidos a pedido.

Foto: Villavicencio, B. (2021). Proyectos. <https://www.belenvillavicencio.com/proyectos/>



### PIGMENTA LAB

Laboratorio creativo de Natalia Venegas, artista-artesana nacional que se dedica al estudio de los pigmentos proveniente de material vegetal. Actualmente vende acuarelas y témperas naturales creadas mediante procesos artesanales y sustentables, y crea contenido contante para incentivar a su público el interés por esos pigmentos.

Foto: Venegas, N. (2021). Pigmenta Lab. Pigmenta. <http://pigmentlab.cl/>



### NATIV FOR LIFE

Empresa chilena que comercializa superalimentos derivados de distintos frutos obtenidos de la Patagonia en formato de polvo que concentra un alto contenido de nutrientes y antioxidantes. Esta marca se caracteriza por el trabajo a partir materia prima local y recursos nativos sustentables. Resulta relevante por la transformación del material, optimizando sus propiedades.

Foto: Nativ For Life. (s. f.). Productos. <https://nativforlife.cl/collections/productos>



## S. CAFÉ

Es una una marca que fabrica fibras a partir de los desechos de café, y ya han presentado diferentes textiles funcionales, creados a partir de los beneficios y propiedades del café. Este es un claro ejemplo del aprovechamiento de residuos del consumo alimentario para la innovación en aplicaciones textiles.

Foto: Brones, A. (2017). Upcycled Coffee Textiles: Out Of The Garbage Can And Into The Dyer. Sprudge Coffee. <https://sprudge.com/can-you-wear-the-coffee-you-drink-125116.html>



## METODOLOGÍA DE APLICACIÓN DEL ORUJO DE UVA EN LA COLORACIÓN TEXTIL

Investigación para determinar la metodología de tinción con el orujo de uva, desecho de la industria vitivinícola. De este proyecto se rescata la metodología experimental llevada a cabo durante el proyecto.

Foto: Ovalle, M. (2020) Metodología de aplicación del orujo de uva en la coloración textil.



## STUDIO ANGELIQUE VAN DER VALK: VEGETABLE WORKS

Angelique Van der Valk es una artista holandesa que en el último tiempo se ha dedicado a la exploración para potenciar el aprovechamiento de los desechos vegetales, en distintas aplicaciones con textiles y otros materiales nobles.

Foto: van der Valk, A. (2021). Veggs geometric. Studio Angelique van der Valk. <https://www.angeliquevandervalk.nl/veggs-geometric/>







# 04

DESARROLLO  
DEL PROYECTO

# 1. PREPARACIÓN

## INSUMOS Y ESPACIO DE TRABAJO

Residuos de palta: se acumularon durante varios meses a partir del consumo personal, y se conservaron a  $-19^{\circ}\text{C}$  para no perder sus propiedades tintóreas. Los auxiliares (alumbre, ácido y carbonato de sodio) y las telas fueron obtenidos de comercios especializados.

Para realizar la experimentación se acondicionó un espacio, procurando el orden y la mayor profesionalidad posible en un contexto doméstico y artesanal. El lugar contaba con zonas para el almacenamiento, lavado y secado, además de acceso a una fuente de energía.

## EQUIPAMIENTO

- Congelador para conservar los residuos.
- Licuadora y mortero para triturar el material seco.
- Cocinilla eléctrica, se utilizó para realizar las extracciones y teñidos.
- Termómetro de vidrio para controlar la  $T^{\circ}$ .
- Recipientes de acero, ya que este material no altera el baño, y por ende el color.
- Gramera para medir el peso de los sólidos.
- Vaso medidor para la medición de líquidos.



Imagen 11. Espacio de trabajo. Elaboración propia

## 2. EXPERIMENTACIÓN

### DISEÑO DE LA EXPERIMENTACIÓN

En base a la literatura y las investigaciones referidas se diseñó un modelo de experimentación para realizar pruebas alternando los niveles establecidos para cada parámetro de forma aleatoria, utilizando los residuos en un formato de polvo.

Parámetro	Niveles
Concentración (%)	3 - 5 - 10
pH	3 - 5 - 7 (proteicas) 7 - 9 - 10 (celulósicas)
Fibra	lana - seda algodón - lino - viscosa
Origen	cuesco - cáscara - mezcla

Sin embargo, esa metodología no se llevó a cabo por completo debido a que los resultados obtenidos no fueron satisfactorios, por lo tanto fue necesario repensar la experimentación. Entonces se analizaron los parámetros por separado en pruebas individuales, cada una con la finalidad de estudiar de forma particular las variables que influyen en el teñido a partir de los desechos de palta.

Finalmente la experimentación consistió de cuatro etapas, cada una con varios testeos específicos, lo que permitió determinar los parámetros y finalmente condujo a la creación del colorante, que luego se aplicó en diferentes fibras.

1. Teñido con material seco y pulverizado

2. Extracción de tinte líquido

3. Extracción de líquido a partir del polvo

4. Creación del colorante

## 2.1 Teñido con material seco y pulverizado

Los primeros experimentos tuvieron como objetivo evaluar la posibilidad de teñir las fibras a partir del material disminuido a un formato de polvo, tanto el cuesco como la cáscara. Como se mencionó, inicialmente se diseñó un modelo aleatorio de experimentación con diferentes fibras proteicas y celulósicas, pero finalmente se realizó solo con lana, ya que en las primeras pruebas se evidenció que el tinte tenía mayor afinidad con las fibras animales, y por motivos económicos se descartó la seda.

Durante esta etapa se analizaron los parámetros concentración, tiempo y pH, además del uso de alumbre como mordiente.

Las variables temperatura y relación de baño se mantuvieron constantes con los siguientes valores:

**Temperatura: 90°C**

**Relación de baño: 1/4 (5 gr tela en 200 ml de agua)**

En esta parte del desarrollo se llavaron a cabo un gran número de testeos. Sin embargo, muchos de ellos no tuvieron un resultado que resultara relevante para la investigación, por lo tanto fueron omitidos.

Imagen 12. Cuescos secos y oxidados. Elaboración propia





## SECADO Y REDUCCIÓN DE TAMAÑO

Se utilizaron cuecos y cáscaras que se encontraban congelados para mantener sus propiedades. Estos residuos se rescataron del consumo doméstico, durante 3-4 meses. Una vez descongelados se llevó a cabo el proceso para disminuirlos a un polvo.

### Etapas

- 1- Cortar los residuos en pedazos más chicos.
2. Dejarlos secar al aire, exponiéndolos al sol.
3. Triturar.
4. Dejar secar de nuevo (para los cuecos).
5. Pulverizar a mano con mortero.



Imagen 13. Descongelado. Elaboración propia.



Imagen 14. Cueco de palta. Elaboración propia.



Imagen 15. Pulverizado en mortero. Elaboración propia.

Se utilizaron residuos de aproximadamente 25 paltas, todas de la variedad Hass, que se caracteriza por tener un cuesco voluminoso.

El resultado del polvo de cuesco resultó ser más del doble que el de cáscara, factor que se consideró posteriormente en la experimentación.

Los polvos se utilizaron para teñir por separado, para estudiar el color que se obtiene a partir de cada uno, ya que tienen algunas diferencias en los compuestos por lo tanto se esperaba que hubiera variaciones en el color.

Adicionalmente se realizó una mezcla en proporción 1:1 de los dos polvos para evaluar su uso en el teñido.



**Imagen 16.** Resultado del cuesco y la cáscara molidos. Elaboración propia



## PRUEBA 1: CONCENTRACIÓN DE POLVO BAJA

Se utilizó polvo obtenido del cuesco y la cáscara por separado y además la mezcla.

### Parámetros estables

Temperatura: 90 ° C

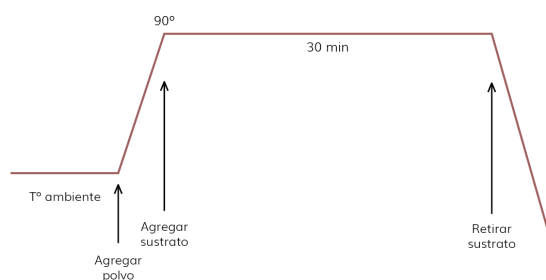
Tiempo de teñido: 30 min

Relación de baño: 1:40

### Parámetros en medición

Muestra	Concentración	Origen del polvo
1	3 %	Cuesco
2		Cáscara
3		Mezcla
4	5	Cuesco
5		Cáscara
6		Mezcla

### Curva de teñido



### Resultados

Las muestras se tiñeron en tonos suaves, y los colores variaron levemente según el origen del polvo. En el caso del cuesco la diferencia entre una concentración y otra fue menor, en cambio para la cáscara y la mezcla resultó más notoria. Sin embargo, se descartó la mezcla, debido a la complejidad del número de variables y se privilegió el estudio de la cáscara y el cuesco por separado.



Imagen 17. Muestras de teñido concentración baja. Elaboración propia

## PRUEBA 2: 24 HRS | CUESCO

Se realizó un testeo para analizar el tiempo de absorción del tinte. Para realizarlo se utilizaron 24 muestras del mismo tamaño, las cuales fueron sometidas a un mismo baño por 30 min (misma curva de teñido que la prueba anterior). Luego se dejaron reposar, y a cada hora se extrajo una muestra.

Para esta experimentación se utilizó una concentración mayor que en la anterior.

### Parámetros estables

Temperatura: 90 °C

Tiempo de teñido: 30 min

Relación de baño: 1:40

Concentración: 10%

### Parámetros en medición

Tiempo de reposo: diferencia de 1 hr entre muestras.

### Resultados

Si bien hubo un cambio entre las muestras, la diferencia era muy leve, y la muestra luego de 24 hrs no logró un color aceptable. Por otro lado, la proporción de colorante aún era muy baja.

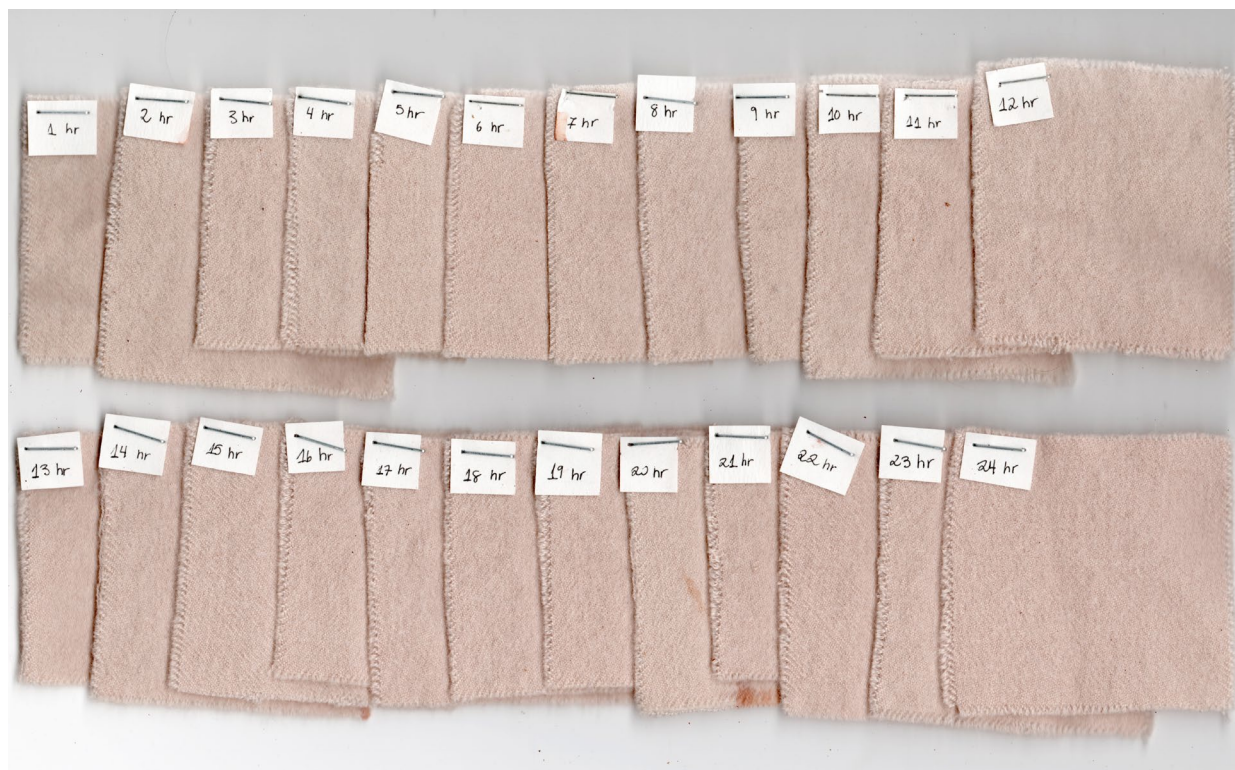


Imagen 18. Muestras 24 hrs. Elaboración propia



Imagen 19. Comparación 1 hr y 24 hrs. Elaboración propia

### PRUEBA 3: TEÑIDO CON ALUMBRE

Se realizaron pruebas usando alumbre como mordiente, aplicandolo de dos formas diferentes: durante y antes del baño. Luego del teñido las muestras se dejaron por 24 hrs en el baño.

#### Parámetros estables

Temperatura: 90 °C

Tiempo de teñido: 30 min

Tiempo reposado: 24 hrs

Relación de baño: 1:40

Concentración tinte: 5%

Concentración alumbre: 10%

#### Parámetros en medición

Muestra	Mordentado	Origen del polvo
1	Pre-mordentado	Cuesco
2		Cáscara
3	Mordiente en el baño	Cuesco
4		Cáscara

#### Resultados

Las muestras teñidas a partir del cuesco obtuvieron resultados notoriamente mejores, en especial la que se realizó con el mordiente en el mismo baño de teñido, ya que logró acercarse más al tono esperado.



Imagen 20. Muestras teñidas con alumbre. Elaboración propia



## PRUEBA 4: CONCENTRACIÓN DE POLVO ALTA, Y CAMBIOS DE PH

La última prueba se realizó con concentraciones mayores del polvo, para intentar lograr un color aceptable. Una vez obtenido, se midió también el pH, a través de testeos con un baño ácido.

### Parámetros estables

Temperatura: 90 °C

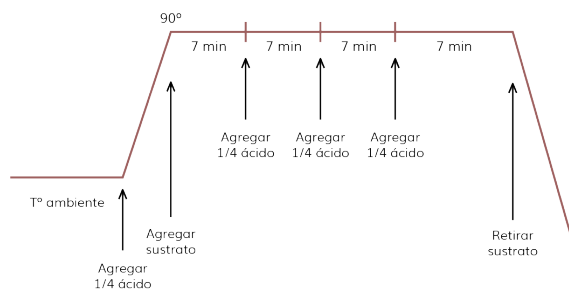
Tiempo de teñido: 30 min

Relación de baño: 1:40

### Parámetros en medición

Muestra	Concentración	pH	Origen del polvo
1	100%	7	Cuesco
2			Cáscara
3		3	Cuesco
4			Cáscara
5	50%	7	Cuesco
6			Cáscara
7		3	Cuesco
8			Cáscara

### Curva de teñido con ácido



### Resultados

Se determinó que el tinte es sensible al pH, obteniendo tonos más rosados en un baño neutro (7) y tonos más anaranjados en baños ácidos (3). Por otro lado, en términos de intensidad del color hubo un avance notorio, obteniendo mejores tonalidades. Sin embargo los colores aún carecían de brillo.



Imagen 21. Muestras teñidas con proporción alta. Elaboración propia

## CONCLUSIONES GENERALES

Respecto a la concentración se requiere una muy elevada para lograr colores más intensos, y sin embargo, aún tiñendo al 100% los resultados no fueron del todo satisfactorios. Además al aumentar la proporción el polvo humedecido comenzó a formar una sustancia pastosa que manchaba las fibras al teñirlas.

Los mejores resultados se obtuvieron a partir del cuesco de la palta, por esto se prefirió seguir la experimentación sólo con esta parte de los desechos. Muchas de las pruebas realizadas con el polvo de la cáscara ni siquiera lograron agregar color al color a la fibra, y en caso de hacerlo tendían a ser tonos opacos, mas grisáceos.



Imagen 22. Diferentes experimentaciones. Elaboración propia







## 2.2 Extracción de tinte líquido

Luego de descartar el polvo como colorante, se estudió la viabilidad de realizar un extracto líquido a partir de los métodos de extracción tradicionales. Para esto se llevaron a cabo diferentes pruebas para analizar las extracciones, determinar los parámetros, y evaluar los posibles métodos de conservación.

### PRUEBA 1: PARÁMETROS PARA LA EXTRACCIÓN

Se realizaron pruebas de extracción para determinar la proporción a utilizar en los siguientes testeos, procurando lograr el color deseado, manteniendo los parámetros dentro de valores acordes al carácter sustentable del proyecto, es decir, optimizando el uso de agua y la cantidad de cuescos, al mismo tiempo que se cuidan las variables tiempo y energía.

Además se estudió la temperatura para optimizar la extracción, en tres valores diferentes.: 70, 80, 90°C

### Resultados

Se determinó una relación 1:5 para la extracción, durante 30 minutos, dado que en esas proporciones al baño logró un color óptimo para el teñido.

La temperatura se estableció en 80°C, dado que si es menor, los cuescos no sueltan suficiente tinte en el tiempo establecido, y si es mayor, el color tiende a opacarse, perdiendo intensidad.



Imagen 23. Cuescos en el baño de extracción. Elaboración propia



Imagen 24. Proceso de extracción. Elaboración propia



Imagen 25. Extracción en etapa final. Elaboración propia

## PRUEBA 2: MAXIMIZAR EXTRACCIÓN

Con el fin de utilizar los cuescos de manera que se maximice su potencial, y así extraer la mayor cantidad posible de tinte, se realizaron diez extracciones consecutivas a partir de la misma materia reutilizada, manteniendo los factores tiempo, proporción y temperatura estables.

Parámetro	Valor
Cuescos	80 gr
Baño	400 ml
Tiempo	30min
Temperatura	80°C

Luego se midió el color de una muestra de cada extracción mediante un espectrofotómetro para determinar hasta que punto es posible extraer color.



Imagen 26. 10 extracciones de los mismos cuescos. Elaboración propia

## Resultados

En terminos de luminosidad no se observaron grandes variaciones, sin embargo el valor  $a^*$  que representa la cantidad de rojo tuvo un aumento constante (a excepción de la extracción n°4) y más significativo, alcanzando una diferencia de 10.0 entre la primera y la última extracción.











N° extracción	L*	a*	b*	C*	h°	Color
1	25.80	5.06	1.17	5.19	13.06	
2	24.79	5.59	1.30	5.74	13.10	
3	26.05	9.52	3.23	10.05	18.71	
4	24.47	2.22	0.11	2.23	2.85	
5	27.05	11.14	3.98	11.83	19.68	
6	26.77	11.72	4.83	12.68	22.38	
7	25.18	12.50	4.61	13.33	20.25	
8	27.23	12.38	5.08	13.38	22.31	
9	28.27	14.28	6.70	15.77	25.13	
10	28.80	15.30	8.31	17.41	28.51	

Tabla 4. Resultados extracciones. Elaboración propia.

## PRUEBA 3: TIPOS DE EXTRACCIONES

Se realizarón cuatro extracciones de tinte:

### Extracción normal

Agua sin alterar

### Extracción con alcohol

Baño con una parte de agua y otra de alcohol desnaturalizado 90° en proporción 1:1

### Extracción en medio alcalino

Se subió el pH a 10 agregando carbonato de sodio.

### Extracción en medio ácido

Se bajó el pH a 4 agregando ácido acético.

### Parámetros estables

Temperatura: 80 °C

Tiempo de extracción: 30 min

Se midió el color de cada uno y luego se utilizaron para teñir muestras de diferentes fibras, según la afinidad. La extracción de pH 4 no se utilizó y la de pH 10 se aplicó sólo en algodón, debido a que las fibras proteicas se dañan en el baño alcalino.



Imagen 27. Diferentes extracciones. Elaboración propia





Extracción	L*	a*	b*	C*	h°	Color
Normal	26.21	9.52	2.91	9.95	17.01	
50/50 alcohol	24.84	4.10	1.28	4.30	17.34	
pH 10	23.48	1.76	-0.19	1.77	353.78	
pH 4	41.91	6.04	14.90	16.08	67.92	

Tabla 5. Resultados extracciones diferentes condiciones. Elaboración propia.

### Resultados

En la extracción con alcohol se logró un color más oscuro, pero con menor cantidad de rojo que la extracción realizada solo en agua.

El líquido resultante de la extracción con pH 10 fue el que tuvo menor luminosidad, pero también menor cantidad de rojo, y el de la extracción en pH 4 obtuvo un color totalmente distinto, confirmando la sensibilidad del tinte a las condiciones ácidas.


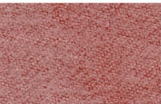
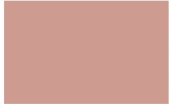



Fibra	L*	a*	b*	C*	h°	Color	Aspecto
Lana	58.85	18.80	8.75	20.74	24.96		
Seda	67.95	17.74	12.69	21.81	35.59		
Nylon	59.50	23.28	12.89	26.61	28.97		

Tabla 6. Resultados teñido a partir de extracción líquida. Elaboración propia.

### Teñido a partir de extracción normal

La lana y el nylon obtuvieron tonos más intensos que la seda, y en el nylon además se observó mayor presencia de amarillo.







Extracción	L*	a*	b*	C*	h°	Color	Aspecto
Normal	75.36	15.55	4.58	16.21	16.43		
Carbonato	71.85	12.58	1.38	12.65	6.26		
Alumbre	76.62	14.27	3.15	14.61	12.44		

Tabla 7. Resultados teñido de algodón con diferentes extracciones. Elaboración propia.

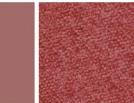
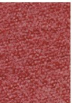






Fibra	L*	a*	b*	C*	h°	Color	Aspecto
Lana	50.39	22.92	11.02	25.43	25.69		
Seda	70.34	14.90	7.07	16.49	25.36		
Nylon	59.33	19.79	5.44	20.52	15.36		
Algodón	76.61	13.24	2.05	13.40	8.78		

Tabla 8. Resultados teñido con extracción 50/50 alcohol. Elaboración propia.

### Teñido de algodón

Se compararon las muestras obtenidas a partir de la tinción con extracción normal, con y sin alumbre (pre-mordentado), y con la extracción en pH 10.

Los resultados mostraron que ni el alumbre ni la alcalinidad mejoran el color, concluyendo que la extracción normal es mejor.

### Teñido a partir de extracción con alcohol

Los tonos resultantes fueron más intensos en comparación a la extracción normal, para la lana, seda y nylon. Sin embargo en el caso del algodón no se potenció el color como en las otras fibras.



## PRUEBA 4: PROPORCIÓN DE LÍQUIDO

Se realizó una prueba de proporciones del líquido obtenido a partir de la extracción normal en lana, seda y nylon. Con cada fibra se realizaron teñidos diluyendo el líquido al 50 y 75%

### Parámetros estables

Temperatura: 90 °C

Tiempo de teñido: 30 min

Relación de baño: 1:40

### Resultados

A partir de la medición de color de las muestras teñidas se determinó que la variación de luminosidad es constante, mientras más diluido está el líquido, el color obtenido es más claro.

Entre las diferentes fibras el nylon tuvo los cambios más notorios, y además se observaron diferentes tonalidades, principalmente por la disminución de la cantidad de amarillo.


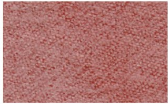

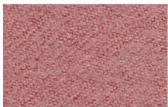


Muestras de lana							
Porcentaje	L*	a*	b*	C*	h°	Color	Aspecto
100 %	58.85	18.80	8.75	20.74	24.96		
75 %	60.01	16.54	8.61	18.65	27.52		
50 %	61.98	17.11	6.31	18.24	20.23		

Tabla 9. Resultados teñido con diferentes proporciones en lana. Elaboración propia.

**Muestras de seda**




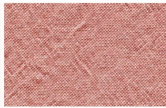


Porcentaje	L*	a*	b*	C*	h°	Color	Aspecto
100 %	67.95	17.74	12.69	21.81	35.59		
75 %	70.95	15.50	9.73	18.30	32.14		
50 %	73.71	14.08	7.87	16.13	29.19		

Tabla 10. Resultados teñido con diferentes proporciones en seda. Elaboración propia.

**Muestras de nylon**







Porcentaje	L*	a*	b*	C*	h°	Color	Aspecto
100 %	59.50	23.28	12.89	26.61	28.97		
75 %	65.20	21.65	12.82	25.16	30.65		
50 %	67.68	19.83	6.64	20.92	18.51		

Tabla 11. Resultados teñido con diferentes proporciones en nylon. Elaboración propia.

## PRUEBA 5: ALUMBRE Y CAMBIOS DE PH SEGÚN LA FIBRA

A partir de una misma extracción de tinte se tiñeron tres muestras de lana alterando el pH del baño, por acción de ácido acético y de alumbre, y tres de algodón, también con alumbre, pero con carbonato. Esta prueba tuvo como finalidad determinar como el pH puede alterar el color a partir del mismo origen.

### Parámetros estables

Temperatura: 90 °C

Tiempo de teñido: 30 min

Relación de baño: 1:40

### Parámetros en medición

Para la lana: pH 7 - pH 4 (ácido) - pH 4 (alumbre)

Para el algodón: pH 7 - pH 10 - pH 4 (alumbre)

Es importante especificar que el cambio en el pH por acción del alumbre dependió de la proporción utilizada (10% del peso de la tela).



Imagen 28. Muestras con diferente pH. Elaboración propia

Muestras de lana







pH	L*	a*	b*	C*	h°	Color	Aspecto
7	53.61	14.06	11.13	17.93	38.37		
4 (ácido)	48.57	18.04	19.95	26.89	47.88		
4 (alumbre)	56.75	13.64	19.13	23.49	54.52		

Tabla 12. Resultados teñido con diferentes pH en lana. Elaboración propia.

Muestras de algodón







pH	L*	a*	b*	C*	h°	Color	Aspecto
7	72.32	12.80	1.81	12.92	8.07		
10 (carbonato)	79.74	10.60	-0.15	10.60	359.21		
4 (alumbre)	69.95	12.44	11.72	17.09	43.30		

Tabla 13. Resultados teñido con diferentes pH en algodón. Elaboración propia.

### Resultados

Al igual que en experimentaciones anteriores el pH alteró notoriamente el color final del teñido.

Para la lana se obtuvieron tonos más anaranjados al disminuir el pH, y además el alumbre provocó un cambio aún mayor, y la muestra obtuvo un color menos intenso, en relación al teñido con ácido.

En el algodón el carbonato tuvo el valor más bajo de rojo y la mayor luminosidad (más claro), mientras que con el alumbre se obtuvo un color más oscuro y con mayor presencia de amarillo.

## PRUEBA 5: CONSERVACIÓN

Luego de las pruebas de teñido se determinó realizar una prueba para explorar la posibilidad de producir un extracto líquido como colorante, por lo que fue necesario evaluar la duración del líquido sin echarse a perder. Para esto se realizó una extracción en las condiciones establecidas previamente, utilizando sólo agua como solvente. El líquido resultante se dividió entonces en ocho partes iguales para realizar los teñidos, que se realizaron en lana, seda y nylon.

Primero se realizó un teñido de base con una de las partes para luego comparar el color obtenido y medir la degradación según los diferentes métodos de conservación. Adicionalmente se tiñeron otras muestras con la adición de alcohol al 25%, con el mismo propósito.

Las seis partes restantes se conservaron según dos métodos estudiados (congelamiento y adición de alcohol), dejando dos de ellas en condiciones ambientales normales.

Luego de dos semanas se realizó la primera prueba, y para ese entonces el líquido sin aditivos ya se encontraba inutilizable. Pasadas otras dos semanas se realizó la última prueba.



Imagen 29. Hongos en la extracción sin aditivos. Elaboración propia



Imagen 30. Extracciones conservadas luego de dos semanas. Elaboración propia

## LANA

### Conservación con alcohol


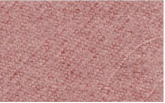




Tiempo	L*	a*	b*	C*	h°	Color	Aspecto
0	63.34	14.66	7.92	16.67	28.39		
2sem	66.08	9.84	11.04	14.79	48.29		
4sem	66.63	10.68	9.55	14.33	41.80		

Tabla 14. Comparación resultados conservación con alcohol en lana. Elaboración propia.

### Conservación por congelamiento


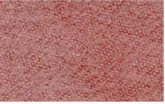

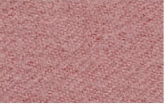

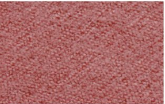
Tiempo	L*	a*	b*	C*	h°	Color	Aspecto
0	58.85	18.80	8.75	20.74	24.96		
2sem	61.36	15.18	8.02	17.17	27.84		
4sem	57.22	18.19	8.50	20.08	25.04		

Tabla 15. Comparación resultados conservación por congelamiento en lana. Elaboración propia.



## SEDA

### Conservación con alcohol







Tiempo	L*	a*	b*	C*	h°	Color	Aspecto
0	73.94	14.08	9.11	16.77	32.90		
2sem	68.34	12.49	17.20	21.26	54.02		
4sem	73.21	10.92	11.85	16.12	47.34		

Tabla 16. Comparación resultados conservación con alcohol en seda. Elaboración propia.

### Conservación por congelamiento







Tiempo	L*	a*	b*	C*	h°	Color	Aspecto
0	67.95	17.74	12.69	21.81	35.59		
2sem	72.87	12.81	9.45	15.91	36.42		
4sem	66.18	17.22	11.30	20.60	33.26		

Tabla 17. Comparación resultados conservación por congelamiento en seda. Elaboración propia.

## NYLON

### Conservación con alcohol







Tiempo	L*	a*	b*	C*	h°	Color	Aspecto
0	61.22	22.75	12.58	26.00	28.95		
2sem	67.22	16.59	9.02	18.89	28.53		
4sem	68.68	13.73	6.35	15.13	24.82		

Tabla 18. Comparación resultados conservación con alcohol en nylon. Elaboración propia.

### Resultados

La conservación por congelamiento tuvo resultados muy favorables en el teñido para todas las fibras, incluso después de cuatro semanas se mostraron mejores resultados respecto a la mitad de tiempo. En el nylon particularmente las diferencias entre las muestras fueron casi imperceptibles a simple vista.

El alcohol si funcionó para conservar el líquido evitando las bacterias, sin embargo el color se degradó bastante y se obtuvieron tonos más suaves en todas las fibras, y se observó también una tendencia hacia el amarillo.

### Conservación por congelamiento







Tiempo	L*	a*	b*	C*	h°	Color	Aspecto
0	59.50	23.28	12.89	26.61	28.97		
2sem	57.04	21.87	10.13	24.10	24.85		
4sem	58.76	21.44	11.10	24.15	27.36		

Tabla 19. Comparación resultados conservación por congelamiento en nylon. Elaboración propia.

## CONCLUSIONES GENERALES

Es posible realizar diferentes extracciones de tinte alterando las condiciones del baño, y esto afecta posteriormente el teñido de las fibras.

Cuando se tiñeron las fibras con la extracción de alcohol en proporción 1:1, se lograron los mejores tonos en términos de color y brillantez, sin embargo durante la extracción se pierde aproximadamente un 75% del volumen del baño.

En caso de necesitar conservar el tinte extraído por más tiempo, el método de congelación permite mantener las propiedades de tinción hasta 4 semanas después de la extracción, para utilizarse en el teñido de las fibras.

El teñido de fibras proteicas tiene muy buenos resultados, al igual que el nylon, esto debido a que su estructura molecular es muy similar a la de la lana y por eso tiene afinidad con los mismos tintes.

Por el contrario el algodón no obtuvo un color satisfactorio, a pesar de las pruebas con mordiente y cambios del pH del baño.



Imagen 31. Muestras teñidas con extracción 1:1 de alcohol. Elaboración propia

## 2.3 Extracción de líquido a partir del polvo

En base a las extracciones realizadas se volvió a utilizar el polvo de la primera etapa, esta vez para extraer color a partir del mismo. Sin embargo no fue posible utilizar las mismas proporciones de volumen del cuesco respecto del baño, debido a que en este formato el peso se distribuye de forma distinta.

Se realizaron entonces dos pruebas utilizando diferentes concentraciones y luego con el líquido obtenido se tiñeron muestras de lana, seda y nylon.

### Parámetros estables

Temperatura: 80 °C

Tiempo de teñido: 30 min

### Parámetros en medición

Concentración del polvo: 2% - 3%



Imagen 32. Extracción a partir del polvo. Elaboración propia

Diferentes extracciones de tinte






Extracción	L*	a*	b*	C*	h°	Color
Normal	26.21	9.52	2.91	9.95	17.01	
50/50 alcohol	24.84	4.10	1.28	4.30	17.34	
pH 10	23.48	1.76	-0.19	1.77	353.78	
pH 4	41.91	6.04	14.90	16.08	67.92	
Polvo	26.05	4.55	1.78	4.89	21.40	

Tabla 20. Comparación extracción del polvo con extracciones anteriores. Elaboración propia.

### Resultados

En comparación con la extracciones medidas anteriormente, se observó una luminosidad similar, pero menores concentraciones de rojo




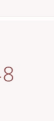

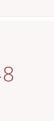








Fibra	L*	a*	b*	C*	h°	Color	Aspecto
Lana (10 gr)	60.51	14.79	10.90	18.38	36.40		
Lana (15 gr)	65.36	11.81	13.23	17.73	48.23		
Seda (10 gr)	67.50	14.83	16.44	22.14	47.96		
Seda (15 gr)	72.57	11.62	17.55	21.05	56.49		
Nylon (10 gr)	60.64	18.49	13.44	22.86	36.00		
Nylon (15 gr)	64.90	15.39	12.48	19.81	39.03		

Tabla 21. Resultados teñido con extracción a partir del polvo. Elaboración propia.

### Resultados

Contrario a lo que se esperaba, las muestras teñidas con la extracción al 2% (10 gr en 500 ml) tuvieron mejores resultados de color, siendo éstos más intensos y con mayor cantidad de rojo.

Las que se tiñeron con la extracción al 3% (15 gr en 500 ml) obtuvieron tonos con mayor cantidad de amarillo en comparación a las otras.

## CONCLUSIONES GENERALES

Al tener un formato diferente y haber pasado por diferentes alteraciones (secado, pulverizado) el color tiende a ser más amarillento. Aún así se pueden obtener colores con buena intensidad, por lo que podría considerarse el secado y pulverizado como método de conservación de la materia prima.

Sin embargo, también es importante considerar el proceso de filtrado que es bastante más largo respecto de la extracción directa a partir de los cuescos en estado natural, ya que el polvo al contacto con el agua forma una mezcla pastosa que dificulta la filtración del tinte.



Imagen 33. Filtrado de la extracción a partir del polvo. Elaboración propia

## 2.4 Colorante

### PRUEBA 1: DECANTADO DE LA EXTRACCIÓN CON ALCOHOL

Durante la experimentación con las diferentes extracciones se observó que pasado un tiempo se formaba un precipitado en aquellas que se habían realizado con igual proporción de agua y alcohol.

Este precipitado se separó de la parte líquida, y el resultado fue un líquido muy denso que por acción del aire se secó luego de 24 hrs aproximadamente, hasta volverse completamente sólido.

Luego se trituro y se realizó una prueba de teñido, que resultó exitosa, obteniendo un potencial colorante. Sin embargo las proporciones fueron muy bajas.



Imagen 34. Precipitado extracción con alcohol. Elaboración propia



Imagen 35. Precipitado separado del líquido. Elaboración propia



Imagen 36. Precipitado seco. Elaboración propia

## PRUEBA 2: ESTUDIO DEL PROCESO PARA OBTENER COLORANTE

Se realizaron nuevas pruebas, pero a diferencia de la anterior, que resultó de una casualidad, en esta ocasión se establecieron los parámetros de la extracción y una vez obtenido el tinte se quitaron los cuescos y se dejó evaporar la parte líquida manteniendo la temperatura en 80°C, hasta lograr la misma consistencia del precipitado que se obtuvo la primera vez. Luego se dejó secar y finalmente se trituro para facilitar la dilución

### Parámetros para la extracción

Temperatura: 80 °C

Tiempo de teñido: 30 min

Prporción: 1:5



Imagen 37. Extracción de tinte en etapa final. Elaboración propia

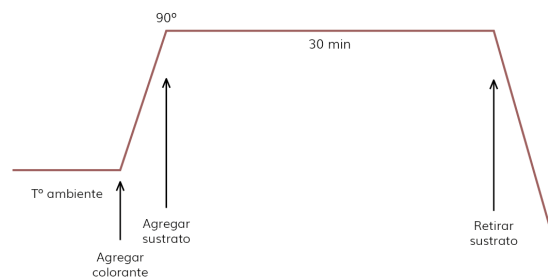




### PRUEBA 3: TEÑIDOS

Utilizando el polvo obtenido se realizaron pruebas de teñido en diferentes fibras textiles. Para la lana, seda y nylon se utilizaron dos concentraciones, 10 y 15%. En el teñido de fibras vegetales se realizó una prueba sin y otra con alumbre para cada una, solo al 15%.

#### Curva de teñido



#### Parámetros estables

Temperatura: 80 ° C

Tiempo de teñido: 30 min

Relación de baño: 1:40




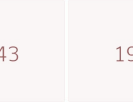

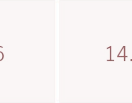

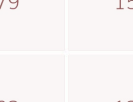

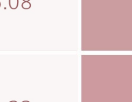




Fibra	L*	a*	b*	C*	h°	Color	Aspecto
Lana (10%)	64.35	16.44	5.78	17.43	19.37		
Lana (15%)	60.84	18.23	6.70	19.42	20.19		
Seda (10%)	75.39	12.74	6.06	14.10	25.43		
Seda (15%)	72.10	14.77	7.73	16.67	27.63		
Nylon (10%)	68.89	18.14	4.89	18.79	15.08		
Nylon (15%)	68.36	19.50	4.58	20.03	13.23		

Tabla 22. Resultados teñido con colorante en lana, seda y nylon. Elaboración propia.

### Resultados fibras proteicas

Como era de esperarse, existe una relación directa entre la concentración del colorante y el color obtenido. Esto se evidencia en las tres muestras, obteniendo todas mayores valores para el rojo en el teñido al 15%.


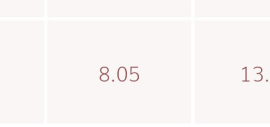
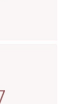
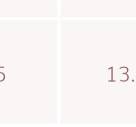
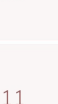
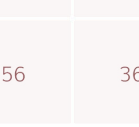
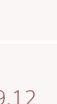
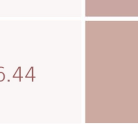




Fibra	L*	a*	b*	C*	h°	Color	Aspecto
Algodón	78.27	12.94	1.30	13.01	5.75		
Algodón con alumbre	78.64	14.03	0.37	14.04	1.51		
Viscosa	73.86	9.78	5.88	11.41	31.01		
Viscosa con alumbre	74.32	8.69	7.21	11.29	39.69		
Lino	70.67	12.32	6.87	14.11	29.12		
Lino con alumbre	71.83	10.91	8.05	13.56	36.44		

Tabla 23. Resultados teñido con colorante en algodón, viscosa y lino. Elaboración propia.

### Resultados fibras vegetales

Los colores obtenidos en el algodón, viscosa y lino son notoriamente más tenues que los de las fibras proteicas, logrando tonos mucho más suaves con la misma proporción de colorante (15%).

El pre mordentado con alumbre no favoreció el teñido, y en algunas incluso el color fue menor, aun que en mínimas cantidades .



### 3. ELABORACIÓN DEL COLORANTE

En base a las experimentaciones realizadas, se determinó que el concentrado obtenido de la extracción con alcohol, era la opción más viable para realizar un colorante textil que a futuro pueda comercializarse, dado que se obtuvieron colores brillantes y su aplicación resultó ser la más sencilla, similar a la de otros productos químicos utilizados normalmente para la coloración.

Este formato permitió concentrar altas proporciones de tinte en un volumen muy reducido, por lo tanto se requieren de menores cantidades para la aplicación textil y además no pierde su capacidad tintórea con el tiempo al estar totalmente seco.

El colorante puede obtenerse mediante un proceso de extracción y posterior evaporación para una elaboración más rápida, dentro del contexto semi-industrial, ya que es necesario separar la parte sólida de la parte líquida del tinte. Sin embargo, este método podría optimizarse en una producción con la maquinaria adecuada que permita realizar la separación de las partes, sin perder el contenido líquido, que eventualmente podría aprovecharse en el teñido de las fibras.



Imagen 38. Colorante sin pulverizar. Elaboración propia



## Fases para la elaboración del colorante

### EXTRACCIÓN

Primero debe extraerse el tinte de los cuscus en un baño para el cual se establecieron las siguientes condiciones:

**Temperatura: 80°C**

**Tiempo: 30 min**

**pH: neutro (7)**

**Proporción: 1:5 (donde 1 representa el peso de los cuscus, y 5 el peso del solvente)**

### SEPARAR TINTE Y CUSCOS

Una vez pasado el tiempo de extracción, debe filtrarse el líquido obtenido para eliminar todos los residuos del material, ya que durante el baño los cuscus se ablandan y comienzan a degradarse.

Los cuscus pueden guardarse para someterse a nuevos baños de extracción con el fin de maximizar su potencial para liberar tinte.

### EVAPORACIÓN

La sustancia resultante del filtrado, se somete nuevamente a altas temperaturas para evaporar el contenido líquido.

En este proceso debe mantenerse una temperatura controlada, para optimizar el uso de energía.



Imagen 39. Extracción. Elaboración propia



Imagen 40. Filtrado del tinte. Elaboración propia



Imagen 41. Separación de partes sólidas del líquido. Elaboración propia



## CONCENTRACIÓN

Esta es la parte final de la evaporación. En esta etapa se termina de evaporar gran parte del líquido contenido, y el resultado es un concentrado de consistencia densa que se traspasa a un contenedor que permita extender el contenido de manera que quede una fina capa para el secado.



Imagen 42. Esparcir el concentrado. Elaboración propia

## SECADO

El concentrado obtenido se seca para terminar de eliminar el contenido líquido. Este proceso se realizó a temperatura ambiente (en verano, día, 27 °C) lo que demoraba entre uno y dos días.

Luego, para acelerar el proceso, se utilizó un horno de cocina que permitió establecer una temperatura controlada de 50°C, permitiendo reducir el tiempo a 1-2 horas.



Imagen 43. Concentrado seco. Elaboración propia

## TRITURADO

Finalmente el material ya seco es triturado y luego pulverizado. Esto tiene como finalidad permitir una mejor dilución del colorante cuando se utilice para el teñido textil.



Imagen 44. Colorante sin pulverizar. Elaboración propia

## ESTIMACIONES DE PRODUCCIÓN

A partir de una sola extracción en proporción 1:5 en 400 ml de solvente se obtuvieron en promedio 2.5 gr de colorante.

En base a las pruebas realizadas anteriormente si se utilizó una proporción de 10% se requieren 100 gr para teñir 1 kg de tela.

En este caso se necesitarían 40 extracciones (con los parámetros antes mencionados) para crear colorante suficiente para teñir 1 kg de tela.

Sin embargo, se requiere una mayor exploración para optimizar la producción de colorante, tomando en cuenta la cantidad de cuescos, agua y la energía requerida para mantener la temperatura necesaria según el tiempo que se estime más conveniente.



Imagen 45. Tela agregándose al baño de tinte. Elaboración propia

## 4. VALIDACIÓN

### EVALUAR SOLIDEZ DEL TEÑIDO

Con el objetivo de evaluar la calidad del colorante, se realizaron pruebas de solidez en el laboratorio de certificación de calidad textil CAL-TEX, que cuenta con acreditaciones nacionales e internacionales.

Se realizaron ensayos de solidez al lavado (AATCC 61.2A) y a la luz (AATCC 16.3) para los estándares internacionales, en muestras de lana, seda y nylon. Estas muestras fueron teñidas con una concentración de colorante al 10% por 30 min, a una temperatura de 80°C, mismos valores que se utilizaron en la medición del color.

Los resultados se expresan según la escala de grises, donde:

GRADO 5: inalterable

GRADO 4: leve

GRADO 3: medio

GRADO 2: notorio

GRADO 1: muy notorio.



Imagen 46. Muestras después del ensayo de solidez a la luz. Elaboración propia

### Solidez al lavado acuoso: degradación

Este ensayo se realiza para determinar la pérdida de color de las muestras al someterlas a un lavado con agua, y se realizó bajo el estándar AATCC 61, en condiciones 2A, es decir:

Temperatura: 49°C

Volumen total del baño (MI): 150

Porcentaje de detergente en polvo: 0.15%

Porcentaje de detergente líquido: 0.23%

Los resultados fueron positivos ya que la degradación para las tres fibras fue entre leve y medio, siendo la lana la que tiene mejor resistencia.

Muestra	Valor	Método de ensayo
Lana	4	AATCC 61,2A
Seda	3	
Nylon	3	

Tabla 24. Resultados degradación por lavado acuoso. Elaboración propia.

### Solidez al lavado acuoso: descarga

Estos valores se obtienen a partir del mismo ensayo de resistencia al lavado y expresan la capacidad de teñir otras fibras que tengan contacto con la tela teñida durante el lavado.

Los resultados para todas las fibras fueron excelentes, con grado 5, es decir, inalterable.

Muestra	Valor	Método de ensayo
Lana	5	AATCC 61,2A
Seda	5	
Nylon	5	

Tabla 25. Resultados descarga por lavado acuoso. Elaboración propia.

### Solidez a la luz

Este ensayo determina la diferencia del color antes y después de la exposición directa a la luz, y se realizó bajo el estándar AATCC 16.3. En este método las muestras se exponen a la luz en lámpara de arco de xenón, en tiempo continuado.

Los resultados demostraron que el teñido no tiene buena resistencia a la luz, como se esperaba, ya que por lo general es un problema común de los tintes naturales. La lana y el nylon obtuvieron el valor más bajo, mientras que la seda resistió un poco más.

Muestra	Valor	Método de ensayo
Lana	1	AATCC16.3
Seda	2	
Nylon	1	

Tabla 26. Resultados solidez a la luz. Elaboración propia.

## CONCLUSIONES GENERALES

Los resultados de degradación y descarga fueron muy prometedores para ampliar el uso del colorante de cuecos en la industria textil, sin embargo, al presentar baja solidez a la luz, se condiciona el uso de los textiles que se tiñan, ya que estos no pueden tener exposición directa a la luz por tiempo continuado, por lo tanto es fundamental considerar el uso final que tengan los productos teñidos.

La solidez a la luz quizás podría mejorarse con auxiliares químicos, pero la finalidad del proyecto es buscar soluciones sustentables para la aplicación textil, y en caso de agregar otros agentes se cuestiona el carácter sostenible.



**Imagen 48.** Cojín de lino teñido con tinte natural. Bella Tribu. (s. f.). Lino Rosa Cuarzo. <https://bellatribu.com/lino-rosa-cuarzo>





**LANA**  
liquido  
50%  
30 min | 1:40

**NYLON**  
extracción polvo  
10%  
30 min | 1:40

**LANA**  
pH 7  
30 min | 1:40

**NYLON**  
congelado  
2 semanas  
30 min | 1:40

**SEDA**  
colorante | 15%  
30 min | 1:40

**SEDA**  
liquido  
75%  
30 min | 1:40

**LANA**  
50/50 alcohol  
30 min | 1:40

# 05

## PROYECCIONES

## APLICACIONES FUNCIONALES DEL TINTE: ACABADO ANTIMICROBIAL

Durante la revisión de literatura se encontraron diversos informes y estudios sobre la aplicación de los tintes naturales para la funcionalización de los textiles, en especial de para fines antimicrobianos:

**Sustainable chemistry: A solution to the textile industry in a developing world**

**Eco-friendly Coloration and Functionalization of Textile Using Plant Extracts**

Por otro lado, también hay varias investigaciones sobre las propiedades antimicrobianas de los subproductos de la palta:

**Antibacterial activity of avocado extracts (Persea americana Mill.) against Streptococcus agalactiae**

**Fractionation and Hydrolyzation of Avocado Peel Extract/ Improvement of Antibacterial Activity**

En base a esto podría estudiarse, el uso de los residuos de la palta para aplicarlos a los textiles como agente antimicrobiano.

## COMERCIALIZACIÓN DEL COLORANTE

La proyección más directa de este proyecto sería continuar la investigación en torno al colorante obtenido para finalmente crear una marca en torno al producto y comercializarlo en el mercado nacional, promoviendo su uso en textiles sustentables.

Para realizar esto sería necesario explorar metodologías para optimizar la producción, siempre en torno a la economía circular.

Si se logra esto, sería posible ampliar la aplicación del teñido natural a partir de los residuos de la palta, que es el fin último del proyecto.



## CONTINUAR LA EXPERIMENTACIÓN PARA MEJORAR EL COLOR EN LAS FIBRAS VEGETALES

La experimentación realizada llevó a la conclusión que el teñido con residuos de palta, independiente de la forma en que se aplica a la fibra no tiene buenos resultados en las fibras de origen vegetal, si se comparan con la lana o la seda.

Sin embargo, estas se comercializan ampliamente en la industria textil, por lo que es importante buscar soluciones para mejorar el teñido, de forma que pueda aplicarse también en estas fibras, obteniendo tonos más intensos.



Imagen 48. Muestras de celulosa teñidas con colorante. Elaboración propia

## NUEVAS APLICACIONES TEXTILES A PARTIR DE LOS RESIDUOS DE PALTA

Durante la experimentación también se observaron ciertos procesos físicos que no se controlaron pero si llamaron la atención.

Cuando se hicieron las primeras pruebas con el cuesco en polvo, al teñir con mayores proporciones se formaba una mezcla pastosa que manchaba las telas que se estaban tiñendo.

Después, al realizar la extracción a partir del polvo de cuesco, se formó la misma mezcla, la cual se separó del tinte mediante un filtro.

Por su consistencia y color, se piensa que podría utilizarse para otras aplicaciones textiles, por ejemplo el estampado.



Imagen 49. Concentrado resultante de la extracción. Elaboración propia







# 06

## CONCLUSIÓN



Las experimentaciones realizadas condujeron a la creación de un colorante natural, tal como se planteó desde el principio del proyecto. Éste se obtuvo a partir de los cuescos de palta, un alimento consumido en todo el mundo, que genera toneladas de desechos al año, y que son una excelente fuente de color.

Los resultados del teñido realizado en las diferentes fibras demostraron que el colorante tiene afinidad con las proteicas, como la lana y la seda, sin la necesidad de aplicar mordiente a las telas, por lo que se puede concluir que existe sustentividad del colorante para esas fibras.

La exploración también incluyó pruebas existosas con el nylon, que es una fibra sintética. Este tipo de fibras no se utilizan normalmente para la aplicación de tintes naturales, por lo que abre la posibilidad de explorar más en la aplicación de este tipo de teñido.

A través de este proyecto experimental, se innova en la aplicación de extractos naturales en la colorización textil a través de un colorante que por sus características permite derribar las barreras que se le han atribuido desde siempre al teñido natural, principalmente la disponibilidad estacional, los procesos tediosos de extracción del color, gracias al acceso inmediato.

Un mayor estudio para optimizar la creación del colorante podría llevar a la creación de un producto comercial y así implementar este método de tinción en la industria local mediante procesos semi-artesanales, aportando a las marcas un nuevo avance para una producción más sustentable, que junto con la revalorización de residuos de la industria agrícola/alimentaria como nueva materia prima, promueven un mayor acercamiento de la economía hacia la circularidad.

La investigación es un principio para la exploración de nuevas fuentes de color de la misma categoría, con el fin de ampliar la gama de colores obtenidos de la naturaleza. De esta manera será factible comenzar a explotar el potencial de los tintes naturales y estandarizar su aplicación para aumentar su uso en una mayor escala.

# 07

## REFERENCIAS



- Aguilar, J. (2012). Métodos de conservación de alimentos. Red Tercer Milenio.
- Araújo, R. G., Rodríguez-Jasso, R. M., Ruiz, H. A., Pintado, M. M. E., & Aguilar, C. N. (2018). Avocado by-products: Nutritional and functional properties. *Trends in Food Science and Technology*, 80, 51–60. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.07.027>
- Austgulen, M. (2016). Environmentally Sustainable Textile Consumption—What Characterizes the Political Textile Consumers? *Journal of Consumer Policy*, 39, 441–466. <https://doi.org/10.1007/s10603-015-9305-5>
- Aybar, L., Colchado, D., Chávez, F., Gonzales, S., & Osband, O. (2017). El comportamiento del consumidor de la generación respecto al proceso de compra tradicional y su relación con las marcas en los medios digitales.
- Badui, S. (2012). La ciencia de los alimentos en la práctica. Pearson.
- Becerra, G., & Monzon, L. (2019). Optimización de la extracción de compuestos fenólicos asistida por ultrasonido en residuos de palta Hass (*Persea americana*).
- Berns, R. S. (2019). Billmeyer and Saltzman's principles of color technology (Fourth Edition). Wiley.
- Bide, M. (2007). Environmentally responsible dye application. In R. M. Christie (Ed.), *Environmental Aspects of Textile Dyeing* (pp. 74–92). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1533/9781845693091.74>
- Bleicher, S. (2012). *Contemporary Color Theory & Use* (Second Edition). Delmar.
- Choudhury, A. K. R. (2011). Pre-treatment and preparation of textile materials prior to dyeing. In *Handbook of textile and industrial dyeing* (pp. 64–149). Woodhead Publishing Limited.
- Choudhury, A. K. R. (2014). Colour measurement instruments. In *Principles of Colour and Appearance Measurement* (pp. 221–269). Woodhead Publishing Limited. <https://doi.org/10.1533/9780857099242.221>
- Clark, M. (2011). Fundamental principles of dyeing. In *Handbook of textile and industrial dyeing* (pp. 3–27). Woodhead Publishing Limited.
- Cuenca, K., Sabando, D., & Valero, R. (2019). Extracción de un colorante natural mediante la pepa del aguacate.
- Dabas, D., Elias, R. J., Lambert, J. D., & Ziegler, G. R. (2011). A Colored Avocado Seed Extract as a Potential Natural Colorant. *Journal of Food Science*, 76(9). <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02415.x>
- del Giorgio Solfa, F., Lagunas, F. E., & Lasala, A. I. (2011). Diseño sustentable: la industria, los consumidores y los profesionales del diseño industrial en el desarrollo de productos y en la preservación del medio ambiente. <https://doi.org/10.13140/2.1.3276.2566>
- Devia, J., & Saldarriaga, D. F. (2005). Proceso para obtener colorante a partir de la semilla del aguacate. *Revista Universidad EAFIT*, 41(137), 36–43.

- Ellen Macarthur Foundation. (2013). Towards the Circular Economy Vol. 1: an economic and business rationale for an accelerated transition (Vol. 1).
- Fashionary. (2016). Fashionpedia.
- Ferguson, M. (2018, May). Dollars & Change: Young People Tap Brands As Agents of Social Change. <https://medium.com/dosomethingstrategic/dollars-change-young-people-tap-brands-as-agents-of-social-change-fe944d538fc9>
- Gardetti, M. A. (2018). Introduction and the concept of circular economy. In *Circular Economy in Textiles and Apparel: Processing, Manufacturing, and Design* (pp. 1–11). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102630-4.00001-7>
- Gregory, P. (2007). Toxicology of textile dyes. In R. M. Christie (Ed.), *Environmental Aspects of Textile Dyeing* (pp. 44–73). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1533/9781845693091.44>
- Grishanov, S. (2011). Structure and properties of textile materials. In *Handbook of textile and industrial dyeing* (pp. 28–63). Woodhead Publishing Limited.
- Gupte, V. (2010). Expressing colours numerically. In *Principles, Advances and Industrial Applications* (pp. 70–87). Woodhead Publishing Limited. <https://doi.org/10.1533/9780857090195.1.70>
- Gürses, A., Açıkyıldız, M., Güneş, K., & Gürses, M. S. (2016). *Dyes and Pigments*. Springer. <http://www.springer.com/series/10045>
- Hernández-Castro, F. (2016). Teoría del Color.
- Kumar, P. S., & Joshiba, G. J. (2020). Sustainability in Dyeing and Finishing. In *Sustainability in the Textile and Apparel Industries* (pp. 165–177). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-38545-3\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-030-38545-3_7)
- Kusumastuti, A., Anis, S., & Fardhyanti, D. S. (2019). Production of natural dyes powder based on chemo-physical technology for textile application. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 258(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/258/1/012028>
- Laitala, K., Austgulen, M. H., & Klepp, I. G. (2014). Responsibility Without Means. In S. S. Muthu (Ed.), *Roadmap to Sustainable Textiles and Clothing* (1st ed., pp. 125–151). Springer Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-287-110-7\\_5](https://doi.org/10.1007/978-981-287-110-7_5)
- Lockuán, F. (2012a). La industria textil y su control de calidad: fibras textiles: Vol. II. Fibras textiles.
- Lockuán, F. (2012b). La industria textil y su control de calidad: tintorería: Vol. V. Tintorería.
- Malacara, D. (2011). *Color vision and colorimetry: theory and applications* (Second Edition). SPIE.
- Mallía, C., & Peralta, M. (2017). Evaluación técnico-económica de una planta de producción de colorantes naturales para uso alimentario a partir de cuesco de palta y cáscara de cebolla.
- Manickam, P., & Duraisamy, G. (2018). 3Rs and circular economy. In *Circular Economy in Textiles and Apparel: Processing, Manufacturing, and Design* (pp. 77–93). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102630-4.00004-2>

Muñoz, M. (2018). La palta chilena en los mercados internacionales. [www.odepa.gob.cl](http://www.odepa.gob.cl)

Niinimäki, K. (2017). Fashion in a Circular Economy. In *Sustainability in Fashion: A Cradle to Upcycle Approach* (pp. 151–169). [https://doi.org/10.1007/978-3-319-51253-2\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-319-51253-2_8)

Nimkar, U. (2018). Sustainable chemistry: A solution to the textile industry in a developing world. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 9, 13–17. <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2017.11.002>

ODEPA. (2021). Catastros frutícolas. <https://www.ine.cl/estadisticas/economia/agricultura-agroindustria-y-pesca/cosecha>

Periyasamy, A. P., & Miltky, J. (2020). Sustainability in Textile Dyeing: Recent Developments. In *Sustainability in the Textile and Apparel Industries* (pp. 37–79). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-38545-3\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-030-38545-3_2)

Purwar, S. (2016). Application of natural dye on synthetic fabrics: A review. *International Journal of Home Science*, 2(2), 283–287. [www.homesciencejournal.com](http://www.homesciencejournal.com)

Radhakrishnan, S. (2014). Natural Dyes: Sources, Chemistry, Application and Sustainability Issues. In S. S. Muthu (Ed.), *Roadmap to Sustainable Textiles and Clothing* (1st ed., pp. 37–80). Springer Singapore. <https://doi.org/10.1007/978-981-287-065-0>

Richards, P. R. (2015). Fabric Finishing: Dyeing and Colouring. In *Textiles and Fashion: Materials, Design and Technology* (pp. 475–505). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-1-84569-931-4.00019-2>

Roy Choudhury, A. K. (2014). Environmental Impacts of the Textile Industry and Its Assessment Through Life Cycle Assessment. In S. S. Muthu (Ed.), *Roadmap to Sustainable Textiles and Clothing* (1st ed., pp. 1–39). Springer Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-287-110-7\\_1](https://doi.org/10.1007/978-981-287-110-7_1)

Samanta, K. K., Basak, S., & Chattopadhyay, S. K. (2014). Eco-friendly Coloration and Functionalization of Textile Using Plant Extracts. In S. S. Muthu (Ed.), *Roadmap to Sustainable Textiles and Clothing* (1st ed., pp. 263–287). Springer Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-287-110-7\\_10](https://doi.org/10.1007/978-981-287-110-7_10)

Sarkar, A. (19-20 de mayo de 2021). Tintes naturales para textiles [presentación]. Conferencia virtual de la Asociación Estadounidense de Químicos y Coloristas Textiles (AATCC).

Shahid, M., Shahid-Ul-Islam, & Mohammad, F. (2013). Recent advancements in natural dye applications: A review. *Journal of Cleaner Production*, 53, 310–331. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.03.031>

Shirvanimoghaddam, K., Motamed, B., Ramakrishna, S., & Naebe, M. (2020). Death by waste: Fashion and textile circular economy case. *Science of the Total Environment*, 718, 137317. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137317>

Singh, H. B., & Bharati, K. A. (2014). Handbook of Natural Dyes and Pigments. In *Handbook of Natural Dyes and Pigments*. Woodhead Publishing India Pvt. Ltd. <https://doi.org/10.1016/C2014-0-02803-1>

Smaliukiene, R., Kocai, E., & Tamuleviciute, A. (2020). Generation Z and consumption: How communication environment shapes youth choices. *Medijske Studije*, 11(22), 24–45. <https://doi.org/10.20901/ms.11.22.2>

To, M. H., Uisan, K., Ok, Y. S., Pleissner, D., & Lin, C. S. K. (2019). Recent trends in green and sustainable chemistry: rethinking textile waste in a circular economy. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 20(December), 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2019.06.002>

Toro, M. T. (2012). Extracción de compuestos fenólicos de residuos de palta Hass mediante EFS-CO<sub>2</sub>-ETANOL y su estabilización en hidrogeles de alginato de propiedades reológicas y térmicas definidas.

Universidad de Chile. (2018). 11 datos claves para conocer mejor la palta y su relevancia en Chile. <https://www.uchile.cl/noticias/143731/11-datos-claves-para-conocer-mejor-la-palta-y-su-relevancia-en-chile>

Villegas, C., & González, B. (2013). Fibras Textiles Naturales Sustentables Y Nuevos Hábitos De Consumo. *Revista Legado de Arquitectura y Diseño*, 13, 31–46.

Zarkogianni, M., Mikropoulou, E., Varella, E., & Tsatsaroni, E. (2011). Colour and fastness of natural dyes: Revival of traditional dyeing techniques. *Coloration Technology*, 127(1), 18–27. <https://doi.org/10.1111/j.1478-4408.2010.00273.x>

