

VIO

Investigación y aplicación de procesos
de coloración con violaceína.

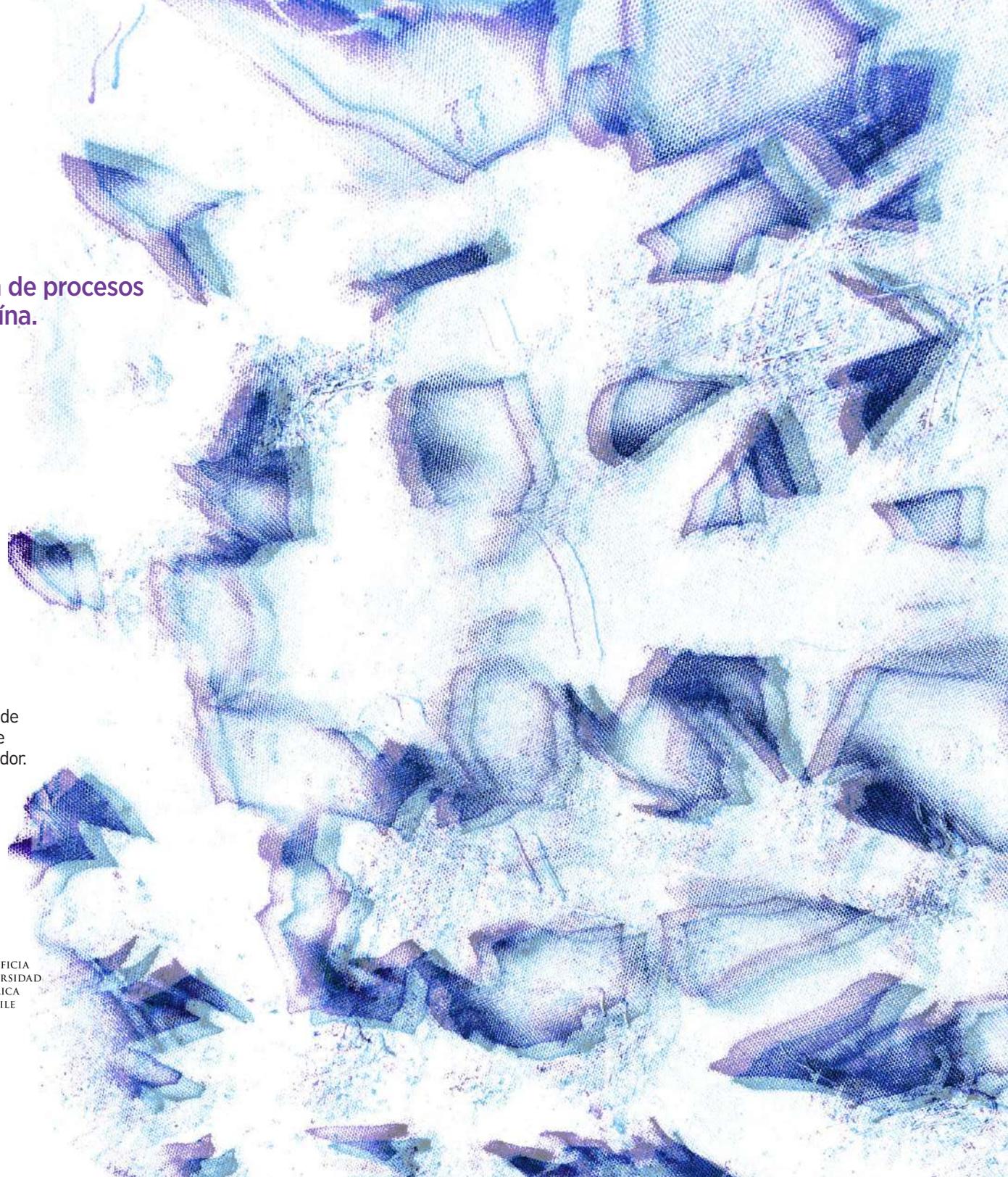
Tesis presentada a la Escuela de Diseño de
la Pontificia Universidad Católica de Chile
para optar al título profesional de Diseñador.

Autor: Sofia Hinostroza
Profesor guía: Lina Cárdenas
Fecha: Julio, 2019
Santiago, Chile

DISEÑO|UC
Pontificia Universidad Católica de Chile
Escuela de Diseño



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CHILE



Agradecimientos

A mi **Mamá, Papá y Paz** por inspirarme, motivarme y ser mi pilar incondicional.

A mi **Benjamín** por quererme, apoyarme y ayudarme incondicionalmente.

A mi **profesora de excelencia, Lina Cárdenas**, por su constante apoyo desde el principio. Muchas gracias, no solo por tus enseñanzas, sino también por ti como persona, tu enorme paciencia y calidad pedagógica.

A **Mario Tello, Mick Parra y Natalia Valdés**, docentes de la USACH (Universidad de Santiago), por permitirme ir a trabajar a su laboratorio y adentrarme en el mundo de *Janthinobacterium lividum*.

Muchas gracias!

ÍNDICE

01

Introducción

1.1

Introducción

- [8] Contexto y Usuario
- [12] Problemática
- [14] Formulación del Proyecto & Objetivos
- [15-16] Metodología

02

Marco Teórico

2.1

Biotinción

- [20] Biodiseño
- [24] Biotinción
- [26] Bacterias

2.2

Violaceína

- [29] Violaceína
- [30] Caracterización
- [46-48] Cultivo

2.3

Proceso de tinción

- [50] Teñido
- [52] Color
- [56] Fibras
- [59] Proceso de coloración

2.4

Color

- [63] Medición

03

Desarrollo de Investigación

3.1

Intervención del diseño

- [66-71] Antecedentes y Referentes
- [74] Coloración por crecimiento
- [84] Coloración por padding
- [91] Coloración por reducción

04

Medición

4.1

Medición de color

- [98] Mediciones
- [100] Resultados

4.2

Análisis

- [103] Parámetros
- [104] Conclusión

05

Proyecciones

5.1

Proyecciones

- [110] Publicaciones académicas
- [113] Trabajo colaborativo con otras bacterias
- [114] Postulación proyecto VIU

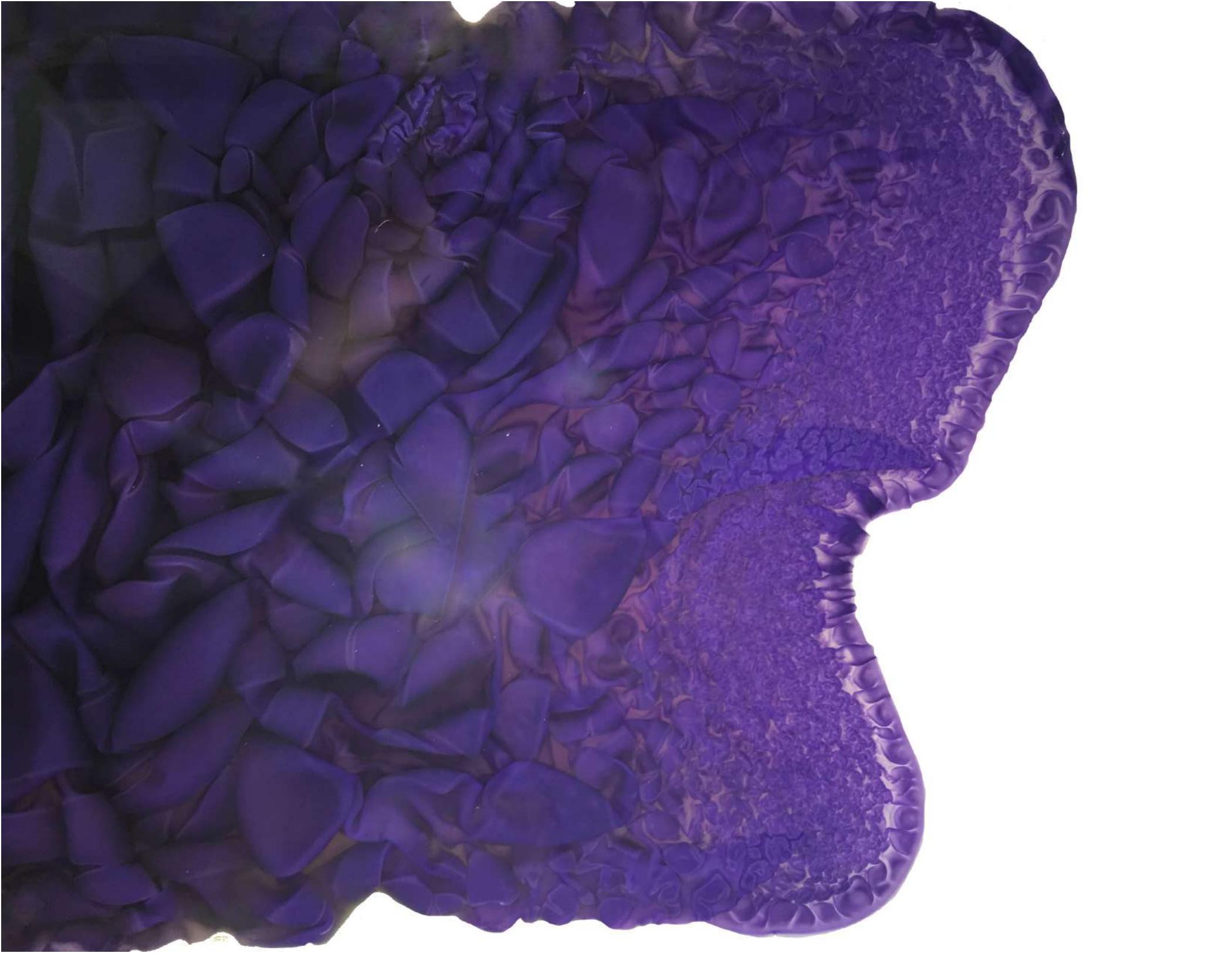
06

Referencias y Anexos

6.1

Referencias y Anexos

- [116-119] Referencias
- [120-126] Anexos



01

Introducción

La raza humana se ha interesado por la coloración de materiales y fibras desde épocas prehistóricas, caracterizada por la aplicación de tintes naturales tanto de origen vegetal como animal. Hace 30,000 años atrás, el hombre paleolítico descubrió el uso de los pigmentos para usos decorativos. Las pinturas de la cueva de Lascaux en Francia **[Imagen 1]** es un ejemplo de experimentación temprana con el uso de pigmentos, ya que data de la fecha 28,000-22,000 a.C. (San Andrés et al., 2010). Sin embargo, el desarrollo y aplicación de los pigmentos a los textiles, comenzó más tarde, debido a que los materiales que existían para adherir los

pigmentos a las telas no eran resistentes. Hacia la Antigüedad, las técnicas de tinción se evidencian, donde se afirma que los egipcios ya conocían la ventaja de los mordientes (auxiliares para adherir los pigmentos a las fibras). También, se han identificado recetas para teñir tejidos en los conocidos Papiros de Leyden y Estocolmo. En ellos, se evidenciaba el conocimiento del prelavado de las telas y tratamientos con mordientes (San Andrés et al., 2010). 5,000 años más tarde, los colorantes sintéticos toman protagonismo y se sitúan a gran escala por su viabilidad productiva y económica. Por consiguiente fue en esta época, la Revolución Industrial, donde el proceso de teñido avanzó a grandes ritmos,



[Imagen 1] Dyer J, Tamburini D, O'Connell ER, Harrison A (2018) A multispectral imaging approach integrated into the study of Late Antique textiles from Egypt. Recuperado de <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0204699>

ya que mejoró su tecnología y por ende, calidad (Aspland, 1993).

Si bien los avances de la Revolución Industrial conllevaron al uso de metales pesados y otras consecuencias negativas, hoy en día casi ya no se utilizan metales pesados en el proceso de tinción y la mayoría de los países tienen regulaciones estrictas en relación a ello. Actualmente, el mayor impacto ambiental que causa la industria textil es el agua. Más aún, se estima que solamente una planta puede usar 200 toneladas de agua por cada tonelada de telas que se tiñen (Cleaning up the Fashion Industry, 2012).

En concreto, las contaminaciones son a causa de los mismos colorantes, auxiliares que se utilizan en el proceso de teñido y los contaminantes presentes en la fibra cuando se desprenden durante el proceso de teñido. Si bien se mencionará posteriormente los distintos tipos de colorantes, es importante mencionar que no todos los colorantes son dañinos, sino que hay ciertos colorantes más fáciles de procesar en su etapa final que otros; hay algunos que no se pueden tratar en plantas antes de ser emitidos a cursos de agua (Clark, 2011). En la **figura 1** se ejemplifica algunos de los colorantes con sus respectivos niveles de contaminación.

TYPES OF POLLUTION ASSOCIATED WITH DYING A RANGE OF FIBERS			
FIBER	DYE CLASS	PERCENTAGE OF NONFIXED DYE THAT MAY BE DISCHARGED	TYPE OF POLLUTION
COTTON	DIRECTS	30%	1 SALT 3 UNFIXED DYE 5 COPPER SALTS, CATIONIC FIXING AGENTS
	REACTIVES	50%	1 SALT, ALKALI
WOOL	VATS	25%	3 UNFIXED DYE 1 ALKALI, OXIDIZING AGENTS 2 REDUCING AGENTS
POLYESTER	SULPHURS	25%	1 ALKALI, OXIDIZING AGENTS 2 REDUCING AGENTS 3 UNFIXED DYE
	CHROME	1-2%	2 ORGANIC ACIDS 5 HEAVY METAL SALTS
	1:2 METAL COMPLEXES	10%	2 ORGANIC ACIDS
	ACIDS	10%	2 ORGANIC ACIDS 3 UNFIXED DYE
	DISPERSE	15%	2 REDUCING AGENTS, ORGANIC ACIDS 5 CARRIERS

CATEGORIES OF POLLUTION ARE AS FOLLOWS: 1= RELATIVELY HARMLESS; 2= READILY BIODEGRADABLE; 3= DIFFICULT TO BIODEGRADE; 4= DIFFICULT TO BIODEGRADE, MODERATE POLLUTION LOAD; 5= UNSUITABLE FOR CONVENTIONAL BIOLOGICAL TREATMENT.

[Figura 1] Tipos de contaminación asociados a una gama de fibras. Recuperado de Sustainable fashion and textile design journeys por Kate Fletcher, 2008.

Actualmente existen regulaciones que protegen al medio ambiente en la mayoría de los países, y hay una creciente concientización entre los consumidores hacia el medio ambiente. En efecto, algunas de las tendencias presentes consisten en desarrollar una generación de nuevos colorantes que sean seguros, mientras permiten tonalidades deseables, un costo justo y propiedades de solidez del color adecuadas. Esta nueva generación de colorantes debiese requerir menos auxiliares agregados (Kumar et al., 2015).

Dentro de las iniciativas y proyectos en torno a la ecología, se encuentran diseñadores, científicos y personas de diversas disciplinas, estableciendo sus practicas en torno al desarrollo de diseños resilientes. El biodiseño es el escenario actual de una disciplina emergente del diseño, que utiliza la eficacia de los sistemas biológicos para la creación de materiales, productos y procesos (Myers, 2018). Si bien los modelos de la naturaleza han servido para la ingeniería, química y soluciones organizacionales hace bastante tiempo atrás, actualmente es esta colaboración interdisciplinar en torno a los organismos, que permite la construcción de avances integrales. De esta manera, nace la necesidad de plantear un espacio para la disciplina del diseño en el diseño de nuevos procesos.

“EL DISEÑO HOY NO SE TRATA ACERCA DE DISEÑAR EL PRODUCTO. SE TRATA DE DISEÑAR EL PROCESO. REALMENTE, ES ACERCA DE GENERAR UNA CADENA CIRCULAR; SOLO AHÍ PODEMOS ENCONTRAR UN CAMINO PARA CREAR UNA REVOLUCIÓN EN ESTA INDUSTRIA”

KREBS, 2019

De esta manera, se plantea un desafío para el diseñador, donde debe descubrir estrategias desde la disciplina del diseño para funcionar en dos niveles: generar dialogo en base a los parámetros para el futuro de la sustentabilidad y crear propuestas que aporten al balance del impacto humano en el planeta (Chieza & Ward, 2015). A diferencia de otras disciplinas, la disciplina del diseño tiene otra forma de definir la sustentabilidad. Por un lado, los gerentes de los negocios describen la sustentabilidad como la medida y el manejo del uso de recursos escasos, mientras que los diseñadores tienden a caracterizar la sustentabilidad como la moda hecha a mano, basada en procesos lentos y/o artesanales de diseño y producción (Kedron, 2019). Si bien, puede que esta definición no sea compartida por todos los pertenecientes a esta disciplina, esto evidencia la importancia del rol del diseñador, porque no se concentra solo



[Imagen 2] Trabajo colaborativo en el laboratorio de Mario Tello en la Universidad de Santiago. Foto elaborada por Fernanda Romagnoli, 2019.

en los recursos o productos finales, sino también en la transformación de los procesos existentes. Por ende, es un camino interdisciplinario en el que se trabaja para generar cambios concretos y es necesaria la ayuda e integración de otros campos para lograrlo (Soffia, Vivanco, Fuentes, Rodríguez & Federici, 2017). La creación de nuevos productos innovadores a menudo necesitan de la ingeniería o biología, por lo que es habitual que estas tengan lugar dentro de los laboratorios. Es posible, entonces, que los diseñadores se sientan frustrados con la falta de acceso y de medios que tienen para implementar y hacer realidad las innovaciones (Fletcher, Hawken, & Grose, 2012). Esa frustración

es un síntoma de las viejas costumbres en las que los diseñadores estaban instalados en estudios, respondiendo a las expectativas de la industria como estilistas y abastecedores de novedades. En ese entonces, los diseñadores rara vez, o nunca, se relacionaban con científicos y/o tecnólogos. El territorio rico y desconocido que separa las disciplinas está comenzando a ser explorado y a producirse la sinergia de las colaboraciones interdisciplinarias. Sin embargo, poner fin a esas viejas costumbres es algo lento y engorroso, ya que la industria se ha fragmentado, con especialidades aisladas unas de las otras, con una carencia de rutas de comunicación entre ellas. Pero

el biodiseño se encarga de abrir esas vías tanto como de crear productos innovadores (Fletcher et al., 2012).

En síntesis, el mundo está cambiando a un ritmo acelerado, y es por esto que es clave cuestionar y repensar los sistemas, recursos o procesos actuales, específicamente en industrias tan contaminantes como lo es la industria textil. Es en este escenario, donde el diseñador encuentra la oportunidad para indagar, construir escenarios y prototipar comportamientos, en donde es y será de gran importancia para rediseñar el futuro y los procesos humanos (Myers, 2018).

PROBLEMÁTICA

Las revisiones literarias realizadas para este proyecto fueron investigaciones científicas desde la disciplina de la microbiología, como también proyectos de diseño. Las investigaciones del área científica que fueron consultadas, examinan aspectos interesantes a explorar, como lo es la estimulación con ondas de sonido durante el crecimiento de violaceína junto a las telas, el uso de solventes para la extracción y finalmente el crecimiento en sí (Kanelli et al., 2015). También, se explora el teñido de violaceína en agua hervida y su posterior respuesta de solidez de color (Shirata et al., 2000). Por otra parte, desde la mirada de la disciplina del diseño, se encuentra el proyecto "BioShades" del Waag Society, impartido hasta el día de hoy, por la diseñadora textil Cecilia Raspanti. Este proyecto busca explorar la forma que tiene la bacteria de crecer y en consecuencia, teñir, explorando su carácter accidental. En él, se busca dar a conocer la experimentación con bacterias en textiles a personas de diversas disciplinas desde un enfoque de

acceso abierto (comunicación personal, 13 de septiembre de 2018). Asimismo, un proyecto de diseño que también es accesible, es el proyecto "Living Color" de Laura Luchtman e Ilfa Siebenhaar, en el cual muestran la posibilidad de crear patrones con la bacteria en base a las frecuencias de sonido. También, otra pionera en biodiseño es Natsai Audrey Chieza, cuya firma ha creado una línea de pañuelos teñidos con colonias bacterianas y es parte de una serie de investigaciones. Sin embargo, estas investigaciones no son abiertas a la comunidad en cuanto a sus procesos (Chawla, 2018).

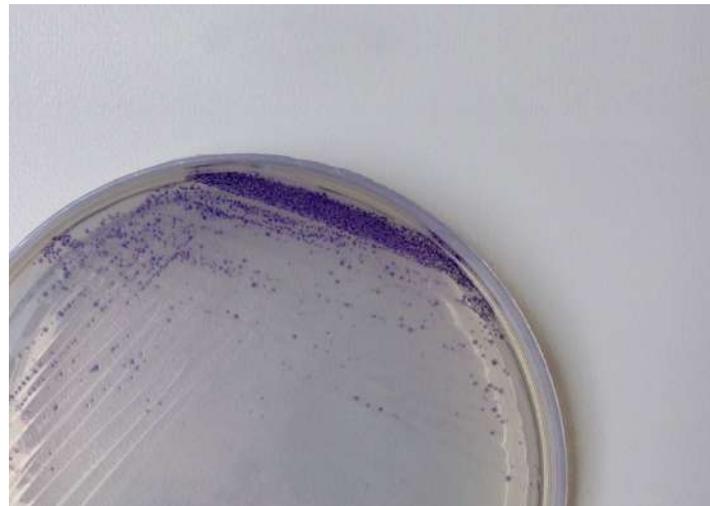
De esta manera, ambas disciplinas evidencian investigaciones de manera contrastante, ya que los antecedentes científicos buscan comunicar las evidencias desde la observación, razonamientos, hipótesis y elaboración de leyes generales. Por otra parte, los antecedentes de diseño parten desde el objeto de estudio, su caracterización y entorno, al igual que la detección de oportunidades y procesos.

En base a esto, se puede afirmar que en la totalidad de las investigaciones consultadas, tanto las del ámbito del diseño como las científicas, no logran traspasar su conocimiento desde una aproximación comprensible, el cual es un imperativo para el futuro desarrollo posterior de estas mismas investigaciones. Fundamentalmente, esto también delata que las investigaciones de carácter científico poseen un lenguaje del cual se ve restringido el mismo acceso o desarrollo posterior desde otras disciplinas. Es decir, la rigurosidad desde su lenguaje, crea una brecha entre la investigación y el desarrollo posterior que se podría realizar en base a ello, por otras áreas o disciplinas.

Si bien la literatura consultada explora la interacción entre la violaceína y diversas fibras, estas se fundamentan bajo el estudio de la violaceína y su respuesta ante diversos factores, sin embargo, carece de un enfoque multilateral en relación al ámbito textil. En otras palabras, los métodos que se realizan no parten desde su caracterización y la relación del objeto de estudio con su contexto y los factores a interactuar, como las fibras textiles.

Finalmente, en su mayoría, las investigaciones encasillan la violaceína como un colorante más. Es decir, parten de la base de generar colores homogéneos a través de las experimentaciones, dejando de lado su carácter accidental, que es sustancial en sus potencialidades. Muchas personas no tienen acceso o

facilidad de interpretación de la información disponible en artículos académicos e investigaciones, y los diseñadores, en base a su formación teórica, pueden interpretar la información adaptándola al contexto de la problemática que envuelva a la actividad (craft revival trust, 2005). De esta manera, esta investigación esclarece el rol del diseño y su aporte a la biología desde sus competencias. Es en este escenario, donde se sitúa el diseñador como un agente transformador en los procesos, construyendo a partir de su visión multilateral y desde sus capacidades para comunicar significado.



[Imagen 3] *Janthinobacterium lividum* y expresión de violaceína. Elaboración propia.

FORMULACIÓN DEL PROYECTO

QUÉ

Desarrollar un método óptimo para el teñido con violaceína en fibras textiles. La formulación de esta propuesta son de índole investigativa, informativa y de acceso libre para personas interesadas en el tema, específicamente diseñadores.

POR QUÉ

(1) Existe una gran cantidad de investigaciones de este tema que están cerradas al público o que por su lenguaje estrictamente científico limitan su uso interdisciplinar.

(2) Existe una preocupación a nivel mundial por generar nuevos productos y procesos que puedan proteger a las personas y que puedan aportar al medio ambiente (Abbott, 2017).

PARA QUÉ

Generar conocimiento sobre la coloración con violaceína desde el punto de vista del diseñador como articulador de procesos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

Seleccionar métodos de coloración con violaceína aplicables a distintas fibras, a partir de la revisión de literatura.

I.O.V Seleccionar 2 o 3 investigaciones previas de teñido con violaceína.

Identificar los parámetros que afectan el proceso de coloración en distintas fibras.

I.O.V Espectrofotómetro para medir el color y realizar comparaciones colorimétricas.

Evaluar la calidad del proceso de coloración experimental en distintas fibras.

I.O.V Pruebas para determinar solidez del color al lavado y frote.

Proponer método(s) para el teñido con violaceína que sea óptimo en la configuración del color.

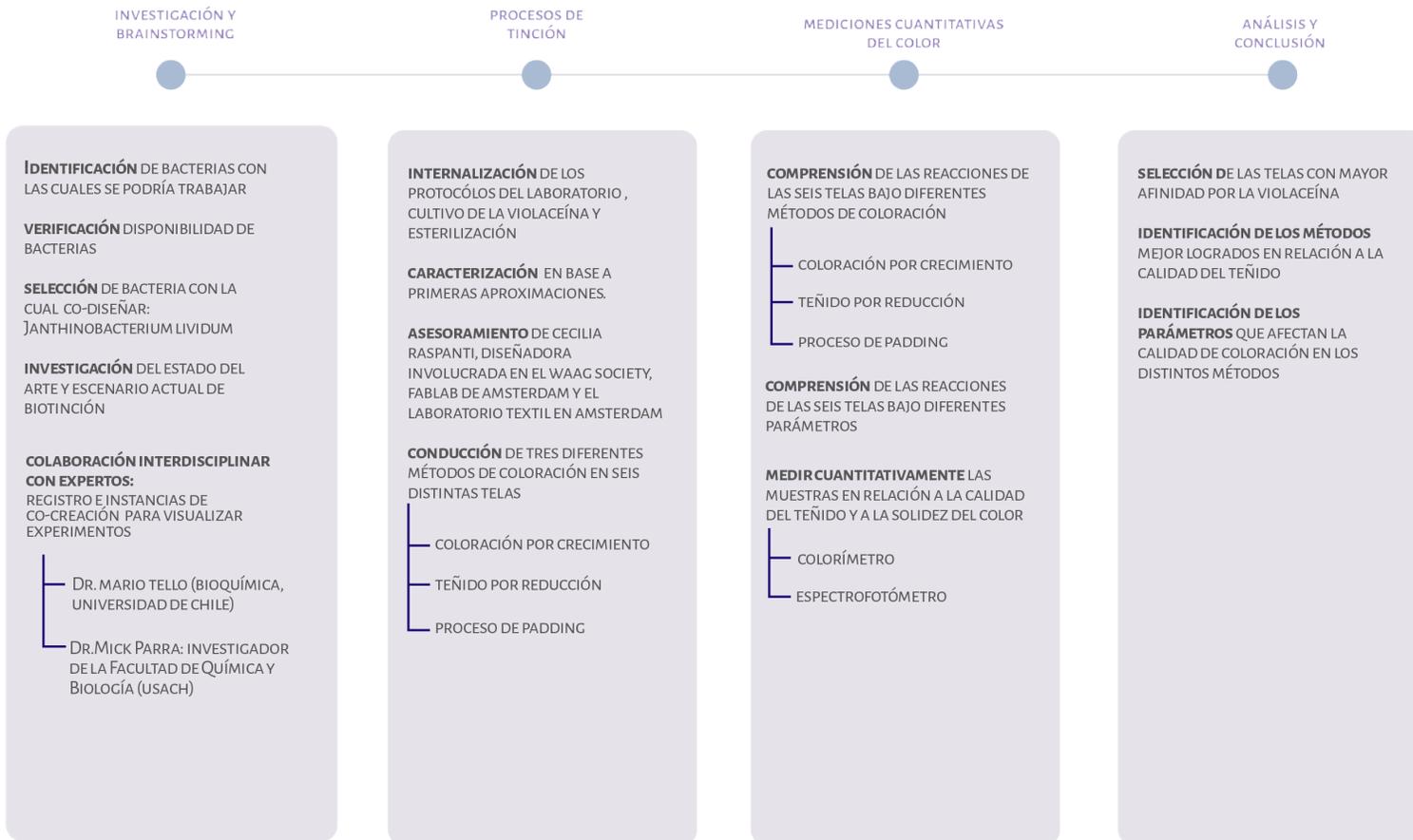
I.O.V Análisis de resultados de colorimetría, calidad de coloración y reflectancia.

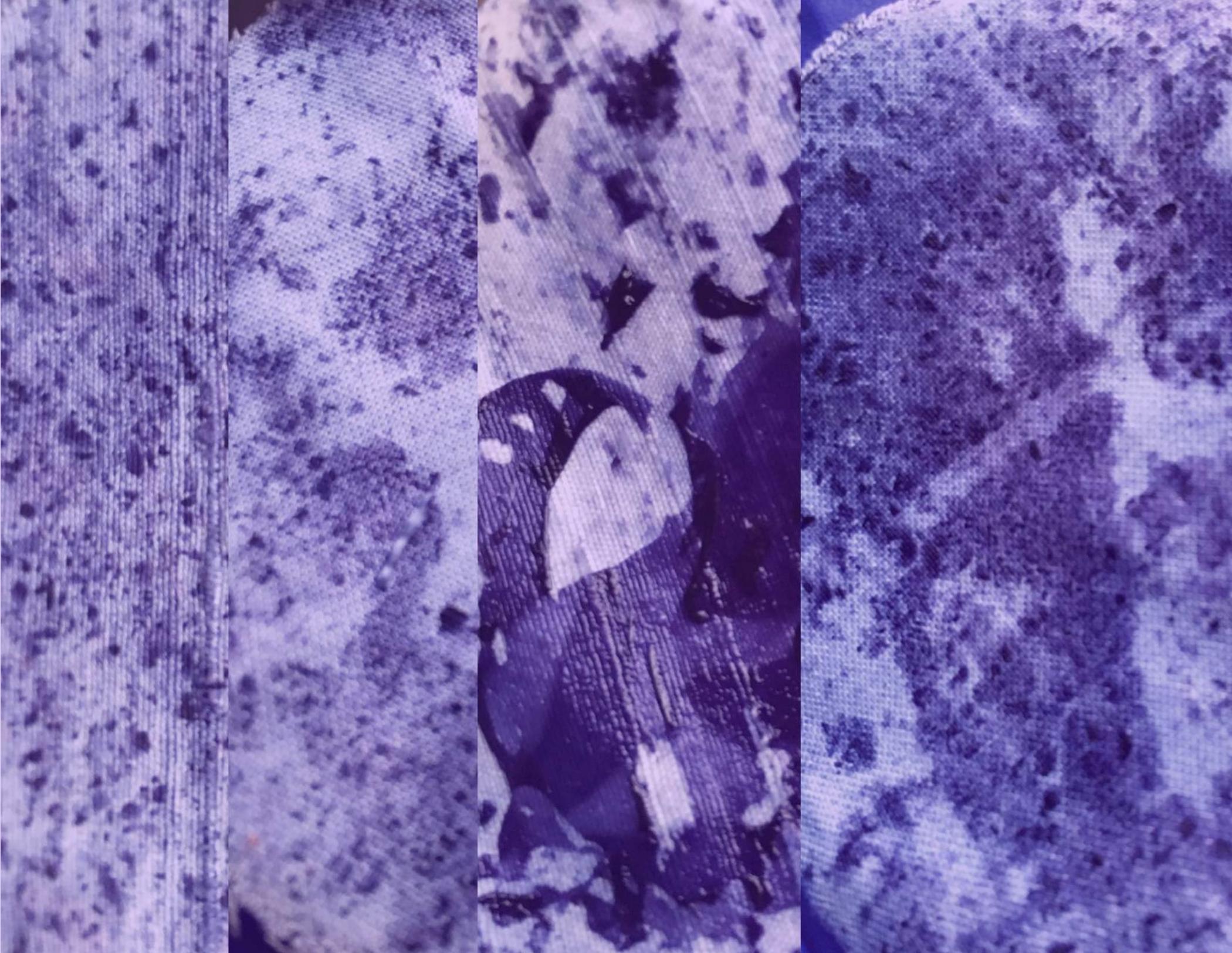
METODOLOGÍA



METODOLOGÍA

ACTIVIDADES REALIZADAS DENTRO DE CADA ETAPA







02

Marco Teórico

BIODISEÑO

William Myers define el Biodiseño como el movimiento que otorga protagonismo a organismos vivos en el diseño para generar nuevos materiales. Este nuevo enfoque es la respuesta a una urgencia por diseñar una sociedad más sustentable, debido a la crisis climática existente (Myers, 2012).

Si bien existen diferentes interpretaciones del concepto de Biodiseño, hay un acuerdo en que este conforma un movimiento de diseño que incorpora el uso de materiales

vivos. Al contrario del biomimetismo, que es el diseño que imita la naturaleza **(Imagen 4)**, el Biodiseño incluye a la naturaleza como co-diseñador de cada etapa del proceso y resultado final **(Imagen 5)**.

En otras palabras, el biodiseño es crear un material, producto o un sistema que tenga propiedades aumentadas como resultado de la participación de materiales vivos (Bishop, n.d.).

A partir de esto, se generan colaboraciones entre diseñadores y científicos, quienes proveen la teoría y el conocimiento base de los funcionamientos de los organismos. De igual manera, Cecilia Raspanti, diseñadora de moda del Waag Society, afirma que la interdisciplinariedad entre la biología y otras disciplinas como el diseño, tiene una gran fuerza actualmente (Comunicación personal, 13 de septiembre de 2018).



[Imagen 4] Árboles Supertrees Grove. Recuperado de Gardens by the bay. n.d. <https://www.gardensbythebay.com.sg/en/attractions/supertree-grove-ocbc-skyway/facts-and-figures.html>

“

ESTÁ ES UNA NUEVA ERA DE DISEÑO, UNA NUEVA ERA DE LA CREACIÓN, QUE NOS LLEVA DE UN DISEÑO INSPIRADO EN LA NATURALEZA A UNA NATURALEZA INSPIRADA EN EL DISEÑO, QUE EXIGE DE NOSOTROS, POR PRIMERA VEZ, QUE NOS HAGAMOS CARGO DE LA NATURALEZA.

”

OXMAN, 2015

Estas actividades interdisciplinarias están ocurriendo en los colegios, laboratorios, en las viviendas/bodegas alrededor del mundo, entre otros (Myers, 2012).

Una rama del biodiseño es la biofabricación, área disciplinar que se enfoca en cultivar y crecer objetos o materiales en vez de manufacturarlos. La biofabricación profundiza en lo que define a un material, combinando diversos métodos de investigación, herramientas y técnicas que provienen tanto de la biología como del diseño. Las filosofías detrás parte de la base de la tendencia DIY (do it yourself), donde las personas pasan de ser meros consumidores a ser agentes activos que están involucrados en generar sus propios bienes. En adición, los laboratorios de fabricación (fablab), los cuales tienen diversas tecnologías, potencian la tendencia DIY y la complementan, ya que generan espacios colaborativos para crear. Esta expansión tecnológica tiene el propósito de facilitar los procesos y/o productos resultantes,



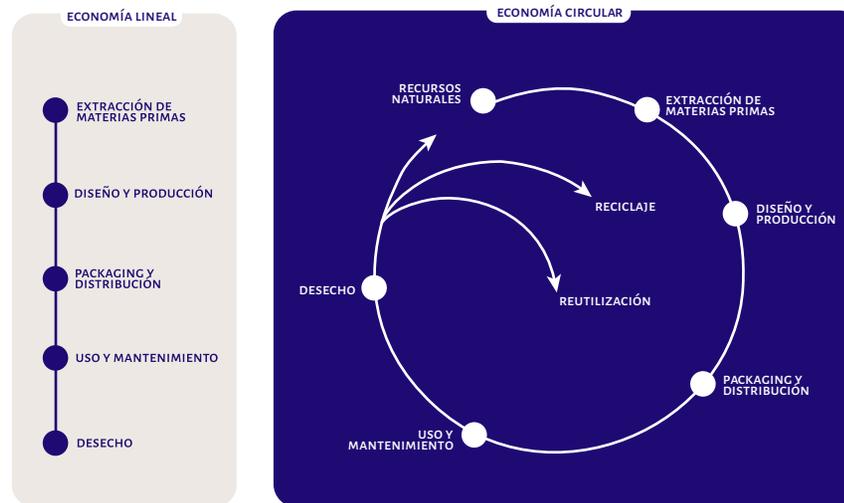
[Imagen 5] Interwoven and Harvest. Recuperado de Myers (2018), Biodesign.

ayudando a crecer o controlar compuestos biológicos, por lo que se acuña el término denominado "biofabricación". Un ejemplo de esto es el proyecto "Interwoven and Harvest" (Imagen 5), donde se evidencia el uso de la fabricación digital en este caso para fabricar patrones que forman las vías de crecimiento de las raíces (Myers, 2018).

Debido a que los productos finales son de materiales orgánicos y biodegradables, estos generan sistemas sostenibles y sustentables. Es decir, pueden perdurar en el tiempo por la forma en que se extrae su recurso principal, o simplemente al finalizar su ciclo de vida, estos se biodegradan (Melgarejo, 2017). De esta forma, se genera un cambio de paradigma que venía desde la Revolución Industrial el cual era tomar, fabricar y tirar, es decir, un modelo de economía lineal (figura 2). Por lo tanto, el Biodiseño es una respuesta y piensa en una economía circular en donde la basura no existe ya que se recicla, se transforma, y al ser biodegradable vuelve a su origen, (Oxman, 2015).

Es así, como la colaboración entre el diseño y la biología permite todos estos escenarios, en los cuales se puede cultivar material biodegradable, explorar el diseño de productos para el reemplazo de materiales convencionales tóxicos t experimentar diseño de productos y/o prendas desde las cualidades de un nuevo material (Myers, 2012).

[Figura 2] Recuperado de UNEP (2007).



El Biodiseño contiene una amplia red de organizaciones alrededor del mundo que se dedican a la investigación y desarrollo de proyectos, pero también hay proyectos que han escalado a compañías (Sanchez, 2018). Dentro del campo del biodiseño, el mapa de actores se compone por arquitectos, biólogos, ingenieros, artistas, micólogos, científicos, entre otros, y gira en torno a dos focos complementarios. Estos focos consisten en la investigación y el diseño de prototipos. Sin embargo, estos contemplan un extenso marco de tiempo para su desarrollo, debido a que inevitablemente trabajar con procesos biológicos requiere tiempo de crecimiento para que el cultivo de los organismos. Si bien es un camino largo, el diseño no está aislado, ya que es necesario acudir a otros campos para lograr estos propósitos (Soffia, Vivanco, Fuentes, Rodríguez & Federici, 2017).

Por otra parte hay empresas como Biofabricate, Modern Meadow y Engineered Silk que han generado productos comerciales que son sustentables dentro de su ciclo de vida. Biofabricate fue creado por Susanne Lee, quienes trabajan con materiales cultivados como la levadura, bacterias, hongos y células de mamíferos. Biofabricate reúne a diseñadores, científicos, startups, marcas e inversionistas para imaginar el futuro (Sanchez, 2018). Modern Meadow por otra parte ha fabricado una biopiel, que consiste en cultivar colágeno, a

partir de ingeniería celular. Asimismo, Engineered Silk se dedica a fabricar fibra, aproximándose a una escala comercial y a un costo que es viable en productos de consumo. (Ecuomo, 2018)

Si bien el mapa de actores está compuesto tanto por espacios de investigación como compañías privadas, ambas comparten una mirada colaborativa entre el diseño, biología y tecnología para sintetizar nuevos objetos vivos híbridos y apostar por una mayor sostenibilidad.

2.2 BIOTINCIÓN

Un factor importante dentro de la industria textil es el color, es decir los colorantes con los cuales se tiñen las telas, y los pigmentos con lo cual se pueden estampar las telas. Dentro de la industria textil, los colorantes o pigmentos son de carácter sintético mayormente. Estos colorantes sintéticos han conllevado un proceso que sitúa, entre otros factores, a la industria textil como una de las más contaminantes (KeyColour, 2016).

Esta situación crítica ha revivido un gran interés en los tintes naturales, debido a que estos tienen características positivas tanto para el medioambiente como para las personas (Fatima shatila et al., 2013). Si bien se cree que los tintes naturales provenientes de plantas son seguros, estos también han sido objeto de cuestionamiento por el uso de auxiliares que se utilizan en los procesos de estos teñidos, los cuales son altamente contaminantes, como lo son los mordientes de metales pesados.

Los tintes naturales consisten en la utilización de los tintes provenientes de entes biológicos; estos provienen desde plantas hasta microorganismos como bacterias.

Empresas reconocidas mundialmente como Patagonia han adoptado el uso de tintes naturales en sus productos. La marca diseñó una colección llamada Clean Color Collection (Imagen 6 y 7), donde la línea de ropa está teñida con ingredientes naturales como cáscara de cebolla y sin el uso de mordientes y auxiliares. Si bien el color se desvanece con el tiempo, su carácter natural es la razón de su éxito (Patagonia, 2017).

Asimismo se encuentra Archroma, una proveedora de tintes globalizada para textiles, packaging y papel, entre otros. Archroma lanzó un método patentado que se llama EarthColors, que son tintes que provienen de desechos de industrias agrícolas o herbarias no comestibles, tales como hojas o cáscaras de nuez. Estos tintes cumplen con los estándares ecológicos oficiales y sus colores generan tonos cálidos de la naturaleza; actualmente, es exclusivo para propietarios de marcas solamente (Archroma, 2019).

Por otra parte, existen bacterias que pueden secretar moléculas que producen color. Existen muchas bacterias que producen tintes cuyo origen radica en ríos, glaciares, tierras, entre otros. Un ejemplo de estos colorantes son los carotenoides que provienen de las zanahorias, que poseen un color naranja. Estos colorantes son biodegradables y pueden ser un aporte para el medio ambiente, además de poseer otras cualidades positivas clínicas (Luchtman & Siebenhaar, 2016). Asimismo, tienen un alto potencial para ser estudiado debido a las cualidades positivas que tienen (Usman et al., 2017). A diferencia de las plantas, las bacterias no tienen una disponibilidad limitada por temporada ya que son cultivadas bajo condiciones controladas, por lo

que pueden cultivarse durante todo el año. Adicionalmente, los colorantes de origen bacteriano contienen muchas propiedades benéficas como anticancerígenas, antiproliferativas, inmunosupresoras, antibióticas, antioxidantes, antimicrobianas, entre otras. Particularmente, hay un gran interés en los colorantes bacterianos capaces de controlar microorganismos multirresistentes (Usman et al., 2017).



[Imagen 6 y 7] Línea de ropa de Patagonia con Archroma. Recuperado de Archroma(2017).

BACTERIAS

Las bacterias son los organismos más pequeños y más numerosos en el planeta tierra. Tienen una gran adaptabilidad y se pueden encontrar en cualquier tipo de hábitat en el planeta tierra. La vida en el planeta tierra no podría existir sin las bacterias, ya que estas llevan a cabo las funciones esenciales de los ecosistemas, incluyendo la fotosíntesis, el balance del nitrógeno y la descomposición. Adicionalmente, se cree que la fotosíntesis producto de las bacterias, es la razón de la mayoría del oxígeno en la atmósfera del planeta tierra. Actualmente, existen alrededor de 5,000 tipos de bacterias identificadas, pero todavía quedan miles que aún hay por descubrir [Al-mohanna, 2016].

Los colorantes de origen bacteriano son de uso tradicional para ciertos países orientales y han sido sujeto de investigación en las décadas anteriores debido a sus posibles aplicaciones. Algunas de las ventajas que tienen son que su tinte es de fácil

propagación, alta versatilidad y productividad por sobre otros recursos, en sí las bacterias se componen por una fermentación rápida por sobre otros procesos químicos, se puede modificar sus genes con facilidad; además, contiene la ventaja de no depender de factores externos como el clima, ya que puede ser cultivada en cualquier estación del año (Usman, Abdulkadir, Gani, & Maiturare, 2017).

Si bien existen múltiples bacterias que son partícipes de tanto la industria farmacéutica como alimenticia, también existe un alto potencial para la industria textil. Se ha evaluado colorantes tal como prodigiosina, que proviene de una bacteria de origen marino *Serratia sp.* para la aplicación como tinte en la industria textil. Los resultados de este estudio indicaron que el tinte natural de color rojizo si podía ser utilizado para teñir materiales textiles por su calidad de color en los testeos (Krishna, Muthusamy, & Basheer, 2011).

Por otra parte, la violaceína, un colorante de azul violeta que se encuentra en múltiples bacterias, es otro pigmento de origen bacteriano que esta siendo estudiado, al igual que su potencial aplicación en la industria textil (Yusof et al., 2017). La violaceína posee propiedades antibacterianas contra muchos microorganismos, al igual que actividad antifungal, lo que significaría una gran contribución al mundo textil para la protección de las personas (Shirata et. al , 2000). En

investigaciones previas, la violaceína tiene una gran habilidad para adherirse a las moléculas de las fibras, por lo que se afirma que no necesita auxiliares durante el proceso de teñido (Ahmad, Ahmad, Zakaria, & Yusof, 2012). Por esto mismo, la violaceína puede aportar en la protección y sustentabilidad en el ámbito textil y transformar el color en un aporte a los textiles que vaya más allá de su tonalidad (Durán et al., 2012).

MICROORGANISMS (BACTERIA)	PIGMENTS/ MOLECULE	COLOUR/APPEARANCE
AGROBACTERIUM AURANTIACUM	ASTAXANTHIN	PINK-RED
PARACOCCLUS CAROTINIFACIENS	ASTAXANTHIN	PINK-RED
BRADYRHIZOBIUM SPECIE	CANTHAXANTHIN	DARK- RED
FLAVOBACTERIUM SPECIE, PARACOCCLUS ZEAXANTHINIFACIENS	ZEAXANTHIN	YELLOW
ACHROMOBACTER	ZEAXANTHIN	CREAMY
BACILLUS	ZEAXANTHIN	BROWN
BREVIBACTERIUM SPECIE	ZEAXANTHIN	ORANGE YELLOW
CORYNEBACTERIUM MICHIGANNISE	ZEAXANTHIN	GREYISH TO CREAMISH
CORYNEBACTERIUM INSIDIOSUM	INDIGOIDINE	BLUE
RUGAMONAS RUBRA, STREPTOVERTICILLIUM RUBRIRETICULI, VIBRIO GAOGENES, ALTEROMONAS RUBRA	PRODIGIOSIN	RED
RHODOCOCCLUS MARIS	PRODIGIOSIN	BLUISH-RED
XANTHOPHYLLOMYCES DENDRORHOUS	ASTAXANTHIN	PINK-RED
HALOFERAX ALEXANDRINUS	CANTHAXANTHIN	DARK RED
STAPHYLOCOCCUS AUREUS	STAPHYLOXANTHIN, ZEAXANTHIN	GOLDEN YELLOW
CHROMOBACTERIUM VIOLACEUM	VIOLACEIN	PURPLE
SERRATIA MARCESCENS, SERRATIA RUBIDAEA,	PRODIGIOSIN	RED
PSEUDOMONAS AERUGINOSA	PYOCYANIN	BLUE-GREEN
XANTHOMONAS ORYZAE	XANTHOMONADIN	YELLOW
JANTHINOBACTERIUM LIVIDUM	VIOLACEIN	PURPLE

[Figura 3] Tipos de bacterias que producen pigmentos. Recuperado de Usman, Abdulkadir, Gani, & Maiturare (2017).

2.2 CARACTERIZACIÓN DE LA VIOLACEÍNA

Las bacterias son los organismos más pequeños y más numerosos en el planeta tierra. Tienen una gran adaptabilidad y se pueden encontrar en cualquier tipo de hábitat en el planeta tierra. La vida en el planeta tierra no podría existir sin las bacterias, ya que estas llevan a cabo las funciones esenciales de los ecosistemas, incluyendo la fotosíntesis, el balance del nitrógeno y la descomposición. Adicionalmente, se cree que la fotosíntesis producto de las bacterias, es la razón de la mayoría del oxígeno en la atmósfera del planeta tierra. Actualmente, existen alrededor de 5,000 tipos de bacterias identificadas, pero todavía quedan miles que aún hay por descubrir (Al-mohanna, 2016).

Se han encontrado componentes en ciertas bacterias que se pueden clasificar como pigmentos o colorantes. En este caso, la violaceína es un pigmento que proviene de una bacteria denominada *Janthinobacterium lividum* (Ahmad et al., 2012).

Inicialmente, *Janthinobacterium lividum* fue clasificada dentro del género *Chromobacterium*, denominada *C. lividum* debido a que comparten características, sin embargo, gracias a pruebas

moleculares, se encontraron diferencias genéticas que generaron la necesidad de crear un nuevo género al que denominó *Janthinobacterium* especie *lividum* (Shivaji et al., 1991).

Particularmente, *J. lividum* es una bacteria en forma de bacilo (Imagen 8). Es de carácter aerobia, es decir, necesita de oxígeno para la respiración celular. Es una bacteria que se puede aislar del suelo y el

agua de regiones frías, como montañas o glaciares (Johnson et al. 1990; O'sullivan et al. 1990; Rossolini et al. 2001).

Puede crecer en un amplio rango de temperatura, entre 2°C a 25°C, viéndose inhibida a temperaturas de 30°C (Shivaji 1991), de igual forma, reportes indican que puede crecer en un rango de pH desde 4 hasta 8 (Shivaji et al., 1991).

En este caso, la cepa (conjunto de bacterias de una misma especie) utilizada en este proyecto proviene de la especie de *Janthinobacterium lividum*, la cual fue extraída de una muestra de tierra del Cajón del Maipo en Chile por docentes y académicos de la Universidad de Santiago (Valdes et al., 2015).

Es un bacteria gram negativa, es decir, su pared celular es menos gruesa que bacterias del tipo gram positivo (entre algunas de las comparaciones entre ambos tipos) y también es heterótrofa, es decir, no produce su propio alimento (Valdés et al., 2015). Si bien es una de las especies más conocidas que producen el colorante de violaceína, la mayor parte de la información sobre la violaceína se deriva de estudios en otra bacteria, denominada *Chromobacterium violaceum*, que también produce violaceína (Leon et al. 2001; Andrighetti-Fronher et al. 2003; Dessaux et al. 2004; Ferreira et al. 2004).

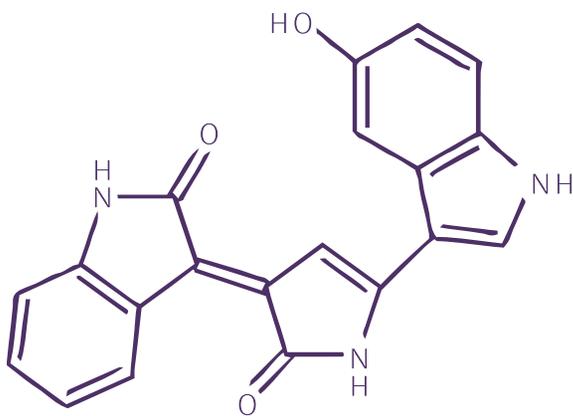
[Imagen 8] Bacterias en forma de bacilos.
Recuperado de Usman, et al. (2017)



Un colorante natural que ha causado gran interés es la violaceína, de origen bacteriano, que se ha dado a conocer por la visión optimista de ser explotada en un ambiente sustentable. Además de su potencial para aplicaciones textiles, también tiene una importancia taxonómica significativa (Ahmad et al., 2012). Es decir, al ser un colorante que proviene de una bacteria, este tiene muchas ventajas tanto a nivel molecular, ecológico y clínico. El colorante denominado violaceína es azul violeta y es producida por múltiples

especies bacterianas, como las especies gram-negativas *Chromobacterium violaceum*, *Janthinobacterium lividum* y *Pseudoalteromonas luteoviolacea* (Usman et al., 2017).

La violaceína tiene una fórmula general de $C_{20}H_{13}N_3O_3$, cuya estructura se puede ver en la figura 4. Es un pigmento insoluble en agua y soluble en alcoholes como metanol, etanol, y acetona (Blosser and Gray 2000).



¿POR QUÉ LA BACTERIA SECRETA COLOR?

La violaceína que se encuentra en la bacteria, en este caso la *Janthinobacterium lividum*, es secretada cuando hay estrés en el entorno de la bacteria. La bacteria tiene distintas fases de crecimiento y cuando esta llega a la fase estacionaria, es donde recibe un mayor estrés de su entorno. Si bien en la fase exponencial la bacteria esta creciendo, no significa que el color producido por la violaceína sea visible. Es en la etapa estacionaria cuando la violaceína secreta tinte visible. Por ende, se podría afirmar que finalmente la bacteria produce el tinte como una respuesta hacia el estrés de su entorno (Pantanella et al., 2007).

Se ha reportado que se encuentra en la piel de salamandras, evidenciando una relación de interdependencia entre ambas (Brucker 2008) . Un ejemplo es la salamandra *Plethodon cinereus*, y se ha confirmado que la violaceína otorga protección contra el hongo denominado *Batrachochytrium*, que podría ser dañino para la salud (Valdés et al., 2015).



J. lividum sintetiza dos metabolitos principales (moléculas): indol-3-carboxaldehído y violaceína; ambos reportan actividad antimicrobiana con capacidad antibacteriana, antiviral, antiprotozoaria y antifúngica (Antonisamy 2009), generando un alto potencial a nivel farmacéutico.

Como fue mencionado anteriormente, la violaceína sintetizada por *J. lividum* ha sido usada para teñir fibras naturales y sintéticas, generando también potencial a nivel ambiental, al ser un colorante de origen natural (Antonisamy 2009, Durán 2011, Jiang 2010, Pantanella 2007) .

La violaceína es uno de los tintes de origen bacterianos que actualmente es comercializado debido a su potencial clínico y por ende también utilizado para fines de investigación por sus posibles aplicaciones (Usman et al., 2017). Una de las empresas que comercializan violaceína es Swissastral. Sin embargo, ellos comercializan la violaceína en un formato de sedimento/polvo, a partir de un proceso más complejo, el cual se ve representado por el costo elevado que posee (aproximadamente \$300,000 CLP equivale a 1 mg). Debido a que el proceso es extenso y conlleva alta tecnología en el cual purifican la molécula y luego la transforman en un sedimento, la violaceína se comercializa a un precio competitivo en la industria.

Es importante afirmar que la bacteria *Janthinobacterium lividum* no posee cualidades patógenas (que pueden causar problemas) hacia humanos, sin embargo no manejar la bacteria (o cualquier microorganismo) en las condiciones especificadas puede crear contaminaciones donde crecen bacterias desconocidas o hongos, que si pueden causar problemas, por lo que la bacteria tiene que ser manejada en ciertas condiciones.

Por otra parte, la violaceína que es secretada por la bacteria, no comprende absolutamente ningún riesgo a los seres vivos o al medio ambiente, y por el contrario, significa un gran aporte a la industria clínica debido a sus beneficios para la salud humana.

CAPACIDAD TINTÓREA DE LA VIOLACEÍNA: PIGMENTO O COLORANTE?

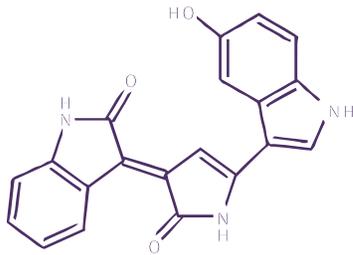
Como fue mencionado en investigaciones previas, se ha visto que la violaceína tiene una gran habilidad para adherirse a moléculas de las fibras. Por esto, las investigaciones han afirmado que califica como un colorante más que un simple pigmento, debido a que no necesita auxiliares durante el proceso de teñido (Ahmad et al., 2012). Los colorantes son compuestos orgánicos que contienen sistemas de dobles enlaces conjugados y el grupo responsable del color es el denominado cromóforo (Diccionario de

química., 1999). Es por esto, que los colorantes se pueden clasificar de acuerdo a la estructura química de sus moléculas. Por otro lado, en la práctica, se clasifican en función de la forma de aplicación del tinte o de soporte sobre el sustrato. La

estructura de la violaceína, como se puede apreciar en la Figura 5, tiene una estructura abierta con enlaces dobles (Mock, 2002). Por otra parte, si se observa la estructura molecular de la violaceína y la del índigo en la Figura 6, estas comparten los mismos tipos de enlaces dobles/cromóforos, que es la parte de la molécula que otorga color.

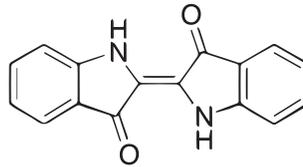
La violaceína ha sido experimentada en diferentes textiles, teniendo una mejor respuesta en el rayón y seda, vs. el algodón y poliéster (Ahmad et al., 2012). Este colorante contiene un componente estético de gran significancia, debido a las posibilidades que puede crear sobre la superficie textil. Ya que tiene un carácter accidental, el resultado nunca será el mismo, por lo que es impredecible (Chawla, 2018). Hoy en día, gracias a las características y posibilidades que puede aportar en el teñido de fibras, hay diseñadores y profesionales del biodiseño que están experimentando con la violaceína en el ámbito textil con diferentes métodos de teñido.

MOLÉCULA DE VIOLACEÍNA



[Figura 5] Estructura molecular violaceína. Recuperado de Usman, et al. (2017)

MOLÉCULA DEL ÍNDIGO



[Figura 6] Industrial Dyes. Recuperado de Hunger, K (2003).



[Imagen 9] Laboratorio de Mario Tello.
Elaboración propia.

CULTIVO DE *JANTHINOBACTERIUM LIVIDUM*

Para realizar el cultivo de la bacteria *J.lividum*, se siguió el método siguiendo el protocolo del laboratorio de Mario Tello en la Universidad de Santiago. En las próximas páginas se declaran los equipos utilizados, materiales empleados, medios de cultivo, protocolo de higiene y método de cultivo del Laboratorio (Imagen 9).



EQUIPAMIENTO

Los equipos utilizados para la realización del cultivo fueron claves para las diferentes etapas del proceso. Si bien hay equipos costosos estos tienen procesos que se pueden replicar de forma menos costosa.



Campana

Equipo utilizado como área de trabajo. Es una superficie donde pueden trabajar hasta dos personas y cuenta con distintos elementos que lo hacen ideal para trabajar con microorganismos. Cuenta con luz UV, flujo de aire, entre otras cosas. Se utiliza como medio de protección.



Autoclave

El autoclave es una olla a presión con una mayor potencia que se utiliza en el laboratorio para esterilizar. El autoclave dura aproximadamente 2 hrs y 30 minutos en total.



Incubadora

Aparato que tiene la función de crear un ambiente adecuado para el crecimiento de un organismo vivo. La incubadora ubicada en el laboratorio tiene una temperatura de 20 grados Celsius.



Agitador de bandeja

Dispositivo que se utiliza para mezclar líquidos o preparar soluciones. Los líquidos que son agitados se contienen en vasos, tubos o matraces que se colocan sobre la superficie que vibra.



Microondas

Hay contenidos como el Agar, que se utilizan como medio de cultivo, y que en su forma original son sólidos. Por lo tanto, se utiliza el microondas para calentar el Agar y transformarlo a una solución líquida para de esta forma, traspasarlo.



Refrigerador

El refrigerador permite que los organismos no sigan creciendo y mantenerlos en su estado actual. Asimismo, el congelador mantiene soluciones congeladas, por ejemplo la glucosa, para que estén aún más protegidas de contaminaciones.

MATERIALES

Los materiales utilizados para la realización del cultivo fueron claves para las diferentes etapas del proceso. Si bien hay materiales de plástico en el laboratorio que se utilizan solo una vez, esto puede verse modificado.



Micropipetas

Instrumento empleado para absorber y transferir pequeños volúmenes de líquidos (micro litros) y permitir su manejo en las distintas técnicas científicas. Las puntas amarillas son para volúmenes pequeños (por ejemplo, 10 μ l), y las azules para pipetear volúmenes grandes (por ejemplo, 800 μ l).



Tubo falcon

Tubos plástico de 50 mL que se utilizan para medir los líquidos y también para almacenarlos.



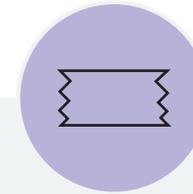
Filtrador

Se utiliza la jeringa junto con un filtro para realizar la filtración estéril del líquido, siendo en este caso, la glucosa.



Cinta de autoclave

Cinta color amarillo claro impregnada con indicador químico en forma de líneas diagonales, que cambia a café oscuro cuando se alcanzan temperaturas de esterilización de 121° y 134°C.



Masking tape

Cinta color amarillo claro impregnada con indicador químico en forma de líneas diagonales, que cambia a café oscuro cuando se alcanzan temperaturas de esterilización de 121° y 134°C.



Glucosa

La glucosa es un tipo de azúcar simple de color blanco, soluble en agua y se halla en muchos frutos, miel y sangre, entre otros.



Frascos

Recipientes de vidrio utilizados para realizar cultivos. Los frascos utilizados para este proyecto fueron obtenidos de Cherry Chile Limitada y tienen una capacidad de 250 CC.



Placas Petri

Recipiente redondo, hecho de vidrio o de plástico, posee diferentes diámetros y es utilizado para el cultivo de bacterias y otras especies relacionadas.



Papel Kraft

Papel grueso poroso que permite la sellación moderada de los frascos. El papel kraft utilizado fue de un gramaje de 60.



Alusafoil

El papel alusafoil fue utilizado para el proceso de esterilización de los frascos. Se coloca el papel alusafoil luego de colocar el papel kraft en la parte superior de los frascos.

MEDIOS DE CULTIVO

Los medios de cultivos son en otras palabras, el alimento de la bacteria. Los medios de cultivo pueden ser en formatos sólidos como líquidos. *Janthinobacterium lividum* puede crecer tanto el medio de cultivo sólido y líquido.

Para hacer crecer cualquier tipo de bacteria es necesaria la alimentación, como lo es para el crecimiento de todo organismo vivo. El alimento es denominado medio de cultivo y puede tener distintas consistencias, componentes y nutrientes. Las consistencias pueden ser en formas líquidas, sólidas, semi-sólidas o bifásicas (consiste en dos etapas; ejemplo: traslado medio sólido a líquido). Algunas bacterias pueden crecer en cualquier tipo de medio de cultivo, sin embargo, hay unas que requieren medios especiales. Se afirma que aquellas que necesitan muchos nutrientes específicos son connotadas como "fastidiosas", mientras que las que crecen con un medio de cultivo mínimo son las no-fastidiosas (Ahmad et al., 2012). Existe una variedad de medios de cultivo, los cuales casi todos están disponibles en el

mercado, constituidos por factores mezclados con anterioridad, y que solo necesitan un agregado de agua y esterilización.

Medio sólido: Cuando se cultivan bacterias en un medio sólido normalmente se utiliza Agar. El Agar es un polisacárido proveniente de un alga marina, que se utiliza como espesante de alimentos (como jaleas y helados); los medios con agar pueden utilizarse en tubos de ensayo o placas de Petri (Tortora, 2017, pg. 168). El agar se puede comprar fácilmente, al igual que las placas ya listas con agar. *J.lividum* puede crecer en un medio sólido con Agar (Imagen 10), extracto de levadura (2,5 g), cloruro de sodio (2,5 g), peptona/ triptona (5 g).



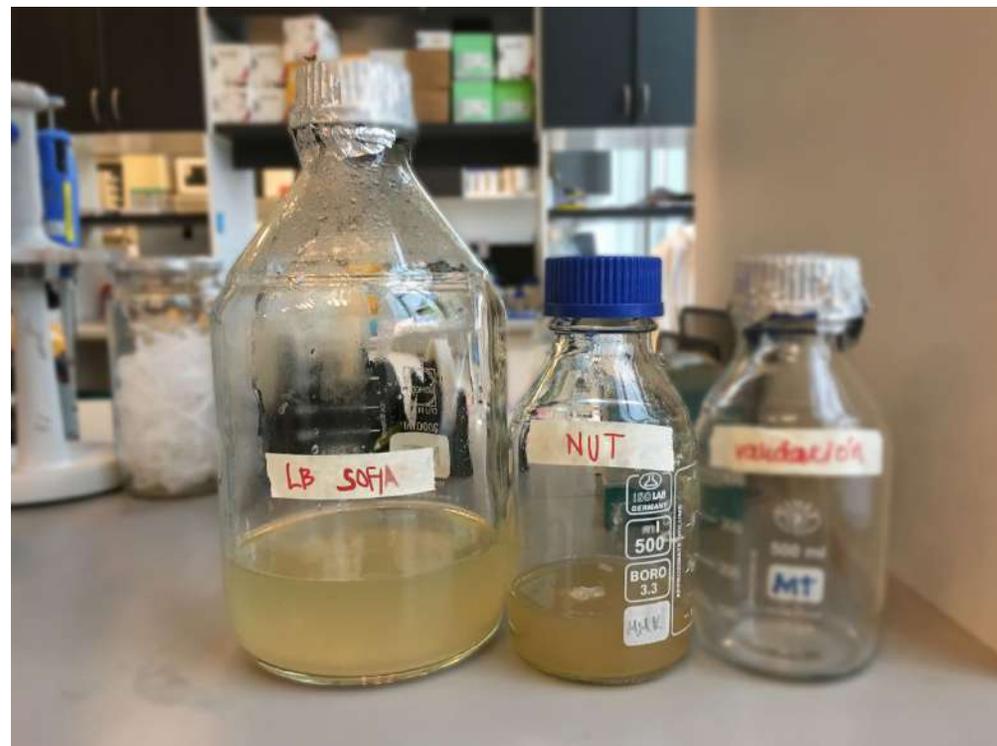
[Imagen 10] Cepa de *J. lividum* en placa de agar. Elaboración propia.

Medio líquido: El medio líquido normalmente es conocido como “caldo”, y se guarda en botellas de vidrio o matraces. Asimismo, se afirma que el medio líquido puede generar un cultivo más rápido y fácil de la bacteria (Ahmad et al., 2012). Algunos ejemplos de medios líquidos son leche desnatada, caldo nutritivo y solución de peptona. *J. lividum* puede crecer en medios líquidos como el caldo LB (Luria Bertani) y el medio líquido NUT sin embargo en distintas condiciones, como lo es la presencia de agitación.

Ingredientes medio NUT: extracto de carne (3 g) y peptona (5 g), donde es necesaria la agitación de la solución para que la bacteria crezca.

Ingredientes medio LB: contiene extracto de levadura (2,5 g), cloruro de sodio (2,5 g) y peptona/triptona (5 g), donde no es necesaria la agitación de la solución para que la bacteria crezca. La expresión óptima de violaceína es de 20 C durante 24 horas.

[Imagen 11] Medios LB y NUT.
Elaboración propia.

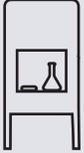


HIGIENE Y SEGURIDAD

Es importante tener cautela con la higiene con la cual se emplea este proceso de cultivo de la bacteria, debido a que es posible que se contaminen los envases y que no se produzca la violaceína; lo que se va a evidenciar al no expresarse su color.

Por otra parte, un eje fundamental de la esterilidad, es que después de realizar un proceso de teñido con la bacteria, es necesario eliminarla. Para eliminarla se puede colocar la prenda en un autoclave, o exponer la prenda a un pH de 10.

Los siguientes diagramas muestran alguno de los factores importantes a considerar que se utilizaron en el laboratorio para lograr una higiene adecuada.

GUANTES	<p>El uso de guantes es primordial dentro de un laboratorio, tanto para el cuidado personal de uno mismo, como para el cuidado de los experimentos para evitar la contaminación de estos. Si bien se utilizan guantes latex, es importante siempre recordar echarse etanol, especialmente antes de manipular una bacteria o ente que se pudiese contaminar.</p>	
CAMPANA	<p>Antes de utilizar la campana se deja 10 minutos con luz UV, y luego, utilizando gafas especiales, se cambia el modo a luz normal. La luz normal se usa para trabajar. Todo lo que entra a la campana debe ser rociado con etanol previamente para una mejor esterilidad. Siempre esta prendido el flujo de aire, exceptuando cuando se apaga la campana por completo.</p>	
ÁREA ESTERILIZADA	<p>En el laboratorio, se utiliza la campana debido a que hay menos probabilidad de que algo se contamine. Sin embargo, cuando no trabajan en la campana, se debe trabajar en un área de trabajo que este previamente esterilizada, lo que significa que se rocía etanol, se utiliza mechero, y se trabaja en un radio pequeño.</p>	
USO DE ETANOL	<p>La esterilización es de suma importancia en los laboratorios, debido a que los biólogos deben evitar la contaminación de sus experimentos, ya que, de otra forma, todo el experimento falla. Se debe rociar con etanol de 70% en el área.</p>	
USO DE MECHERO	<p>El mechero se utiliza para mantener un radio de esterilidad en el área de trabajo. Asimismo, se utiliza para herramientas de acero/metal para esterilizarlas y matar restos de lo que podría ser bacterias u otros entes.</p>	

RADIO MÍNIMO DE TRABAJO

Debido a que se utiliza un mechero para mantener el área de trabajo estéril, en sí, el mechero es el que marca el radio de trabajo. No se deben alejar los componentes con los que se trabaja lejos del mechero. Debe haber un diámetro máximo de 35 cms como área de trabajo y siempre mantener los organismos con los que se trabaja, cerca del mechero.



ETIQUETAS

El uso de etiquetas en las soluciones que uno hace es relevante para tener un registro de las fechas, de lo que contiene y de la persona quien lo elaboró. Por esto mismo, esta información siempre debe estar presente.



BASURA

En el laboratorio hay tres tipos de basura: la basura que se desecha, la que se incinera y la que se auto clava (esteriliza). La basura que se bota son los plásticos que ya no se pueden reutilizar debido a su calidad, la basura que se incinera son los objetos corto punzantes, mientras que la basura que se auto clava es material de plástico que puede ser reutilizable. Ambas pueden contener o no contener restos de microorganismos, tales como bacterias, por esto mismo la basura no corto punzante debe ser esterilizada. Tras sus respectivos procesos de incineración o autoclave, la que es incinerada se desecha.



CULTIVO DE BACTERIA (J. LIVIDUM)

1. Cultivo de colonias

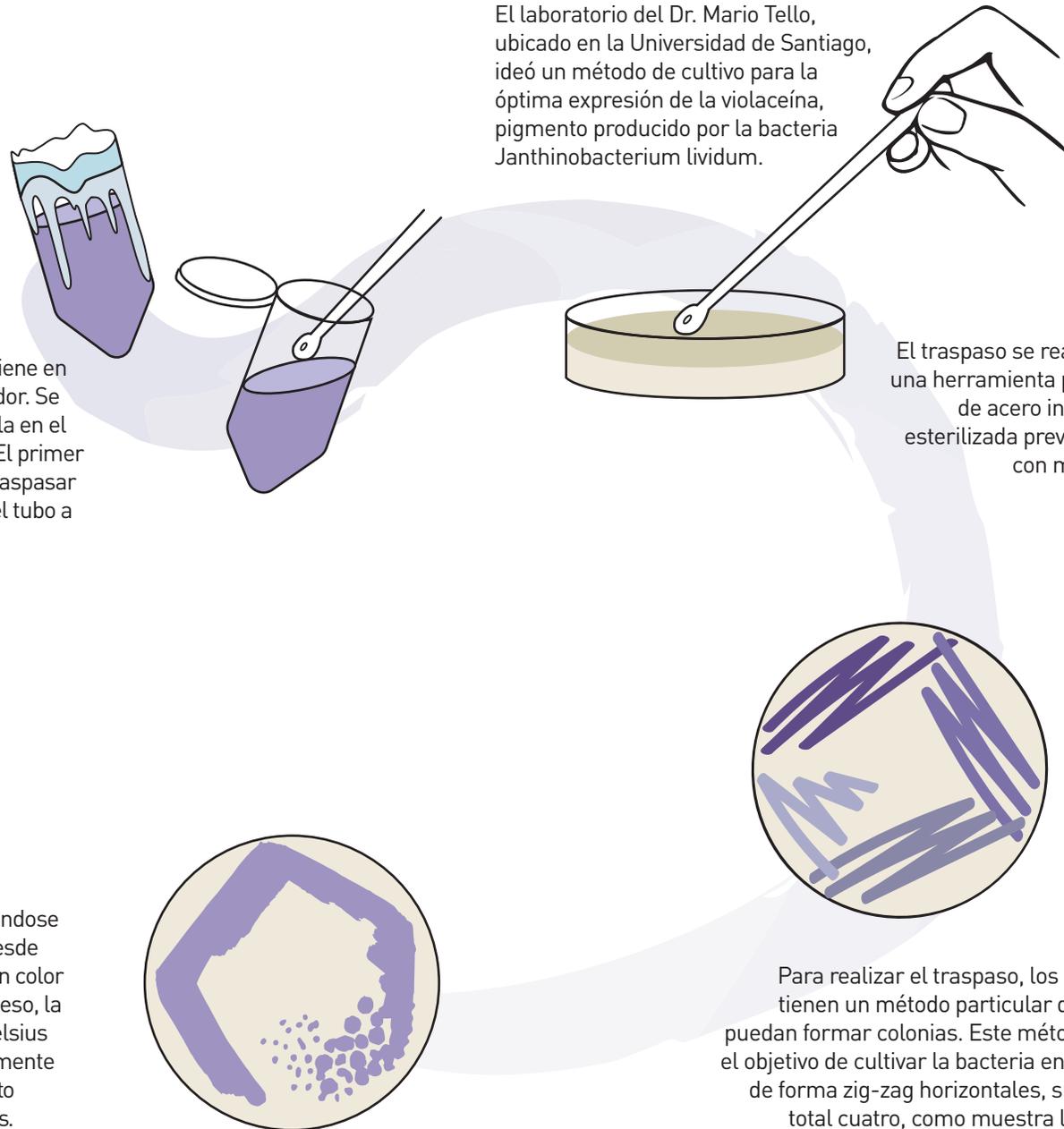
La cepa de *J. lividum* se mantiene en un tubo dentro de un congelador. Se mantiene así para poder usarla en el momento en que uno desee. El primer paso para el crecimiento es traspasar la bacteria que se guarda en el tubo a un petri con medio sólido.

Se observan colonias formándose en la superficie, que parten desde un color blanco y cambian a un color violeta. Tras realizar este proceso, la placa Petri se guarda a 20° Celsius hasta que se vea que efectivamente creció la bacteria. El crecimiento demora aproximadamente 96 hrs.

El laboratorio del Dr. Mario Tello, ubicado en la Universidad de Santiago, ideó un método de cultivo para la óptima expresión de la violaceína, pigmento producido por la bacteria *Janthinobacterium lividum*.

El traspaso se realiza con una herramienta pequeña de acero inoxidable esterilizada previamente con mechero.

Para realizar el traspaso, los biólogos tienen un método particular donde se puedan formar colonias. Este método tiene el objetivo de cultivar la bacteria en la placa de forma zig-zag horizontales, siendo en total cuatro, como muestra la figura.



2. Preparación del pre-inóculo

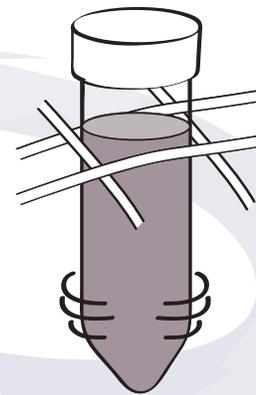
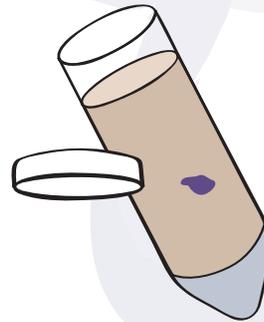
Tras tener la placa de Petri lista, el siguiente paso es realizar el pre-cultivo.



El precultivo consiste en tres factores: una colonia, el medio NUT y la glucosa.

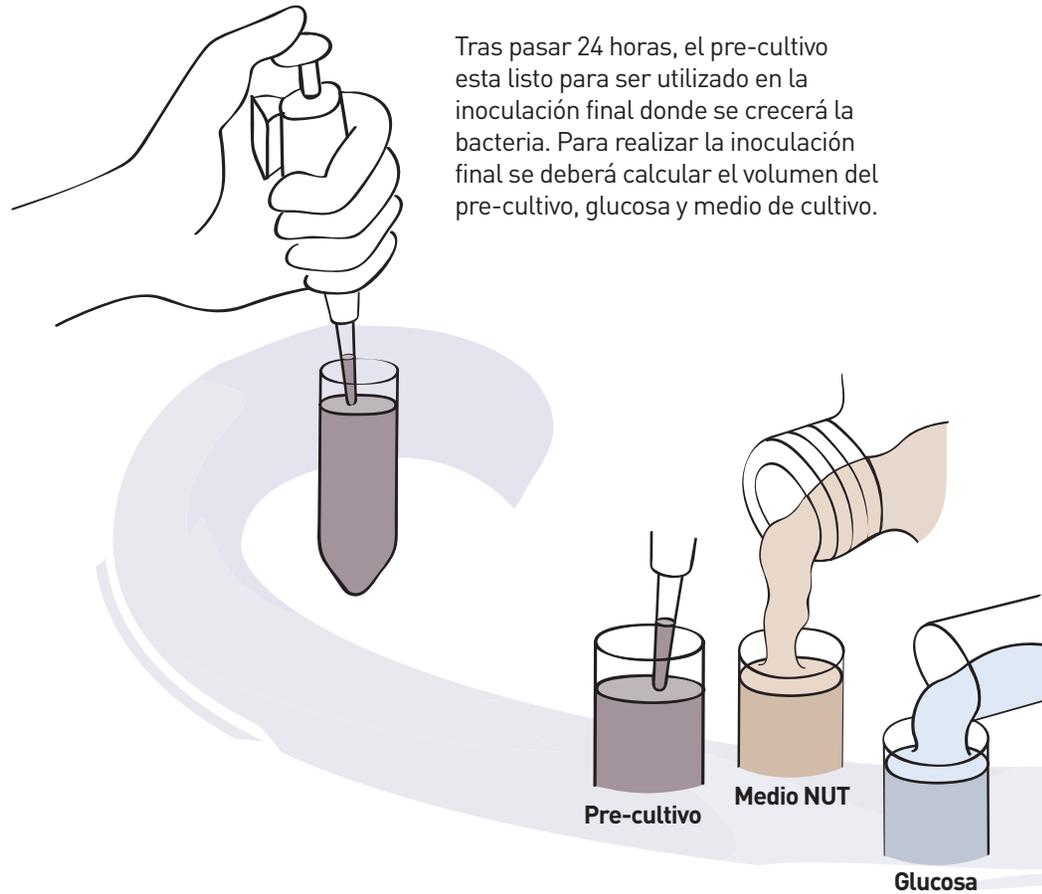
Se coloca un 0,2% (del volumen total) de glucosa, la cantidad restante para llegar al volumen total es de medio NUT y finalmente, una colonia (extraída de la placa petri).

Es importante que el volumen no supere el 30% del recipiente en donde se crece la bacteria, ya que a mayor volumen disminuye la cantidad de violaceína.



Finalmente, el pre-cultivo se incubó a 20°C con agitación a 200 rpm durante 96 h.

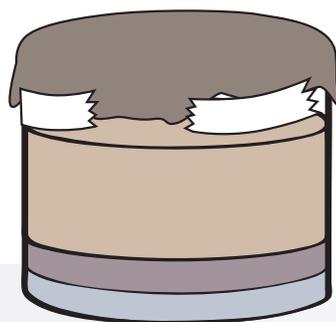
3) Inoculación



Tras pasar 24 horas, el pre-cultivo esta listo para ser utilizado en la inoculación final donde se crecerá la bacteria. Para realizar la inoculación final se deberá calcular el volumen del pre-cultivo, glucosa y medio de cultivo.

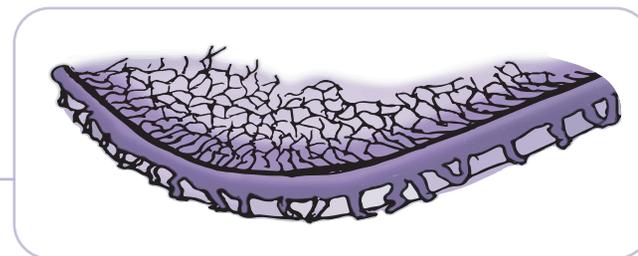
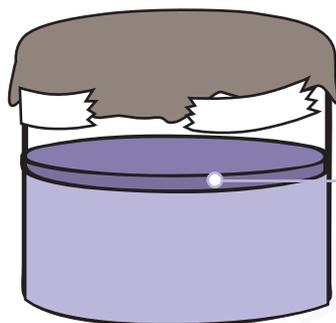
El pre-cultivo se utiliza al 2%, la glucosa al 0,2% y el medio se calcula restando el pre-cultivo y glucosa del volumen final.

Por ejemplo, si el volumen final será 400 mL, se utilizará 4 mL de glucosa y 8 mL de preinoculo. A partir de esto se calculan 388 mL de medio.



Para la inoculación final se usara medio LB. En primer lugar se coloca 388 mL del medio en un frasco previamente esterilizado. Tras esto se coloca 4 mL de glucosa y 8 mL de pre-cultivo. Si bien se pueden colocar en diferentes órdenes, este fue el orden recomendado por Mick Parra, integrante del Laboratorio.

Finalmente, el frasco se tapa con papel kraft, sellado con masking tape a los lados. Se guarda en un ambiente a 20 grados celsius. Al cabo de 24 horas se puede observar tonalidades violetas y luego de 96 horas se evidenciará un biofilm de violaceína en la superficie.



CONCEPTOS CLAVES

AGOTAMIENTO:

El proceso de transferencia del colorante desde el agua a la fibra se denomina agotamiento. El colorante que se encuentra diluido en el baño cada vez va perdiendo concentración, la cual es absorbida por la superficie de la tela, y luego en la fibra (Clark, 2011). La mayoría de los colorantes convencionales tienen una tasa de agotamiento del 80%, es decir, el colorante que no se fija a la fibra será descargado en nuestros ríos con el agua de proceso gastado (Lacasse & Baumann, 2004).

SOLIDEZ:

La AATCC (American Association of Textile Chemist and Colorist) define la solidez como la resistencia de un material a cambiar en cualquiera de sus características de color y transferir su coloración a otros materiales. La función del producto determina qué tipo de solidez se debe privilegiar. Es por esto que existen diferentes propiedades de solidez del color, tales como solidez al lavado, luz, polvo, secado, limpieza, sudoración, abrasión, calor, etc. (Clark, 2011).

AFINIDAD:

La afinidad entre el colorante y la fibra es la capacidad de ambos para formar un enlace permanente y está estrictamente relacionada con la composición química del colorante y la fibra. Al aumentar la temperatura de teñido ocurre un cambio del equilibrio en el baño, y una reducción del agotamiento, por lo tanto, una reducción de la afinidad colorante – fibra (Lockuán, 2012).

MORDIENTE: Los mordientes son sustancias empleadas para fijar los colores en los productos textiles, es decir, contribuyen a las propiedades de solidez (Zelznan, n.d.). Su función principal es preparar la fibra para facilitar la fijación. La mayoría de los mordientes son de origen mineral, tales como el estaño, el cromo, el alumbre (de potasio), el hierro (sulfato ferroso) y el tanino (ácido tánico) (Clark, 2011).

CARACTERIZACIÓN COLORANTES

El colorante es aquella sustancia que modifica el color percibido de los objetos, o da color a los objetos incoloros. Colorante es el término general que se utiliza para referirse tanto a los tintes como a los pigmentos, según el método de aplicación. Muchas personas utilizan la palabra color, de forma equivocada, para referirse al colorante.

Color significa un efecto percibido por un observador, determinado por la interacción de tres componentes tales como la fuente de luz, objeto, y el observador (Billmeyer & Saltzman, 2000)".

La clasificación de los colorantes se ha convertido en obligatoria debido al enorme aumento en la clase y el número de colorantes. Por esta razón, los colorantes se clasifican según su estructura, fuente, color, solubilidad y métodos de aplicación, y en este caso los colorantes se definen según los métodos de aplicación. Según el método de aplicación, se agruparon en colorantes reactivos, dispersos, ácidos, básicos, directos y de tina. Por otro lado, también es relevante la clasificación de los pigmentos como pigmentos orgánicos e inorgánicos (Hunger, 2003).

TIPO DE COLORANTE	TIPO DE FIBRA	DESCRIPCIÓN	USOS	PROPIEDADES DE SOLIDEZ				
				LAVADO	FROTADO	LUZ	TRANSPIRACIÓN	LIMPIEZA EN SECO
DIRECTO	CELULÓSICA	rango amplio de tonos; aplicación simple; colores más opacos que colorantes básicos o ácidos	indumentaria de baja calidad, revestimientos, cortinas				★★★★★	●●●●●
REACTIVO	CELULÓSICA PROTEÍCA	reacciona químicamente con la fibra, creando enlaces covalente; tiene buena solidez de color; tonalidades brillantes; costo es más alto que otros colorantes	cortinas, mobiliario, telas de indumentaria, toallas, hilos para coser			 deficiente en nylon	★★★★★	●●●●●
DE TINA	CELULÓSICA	insoluble en agua; mejor solidez de color; costoso; no tiene muchas tonalidades	cortinas de alta calidad, mobiliario, camisetas, toallas, hilos de coser		 depende de tonalidad y tipo de tejido		★★★★★	●●●●●
AZUFRE	CELULÓSICA	es importante el tratamiento posterior por el efecto en la tela; tonalidades no son brillantes; menor costo	principalmente para telas de algodón, tiene el tinte negro mundialmente más utilizado	 sensible a blanqueador	 depende de tonalidad, profundidad y tratamiento posterior	 amplia gama de calidad; excelente para colores más oscuros	★★★★★	●●●●●
AZOICO	CELULÓSICA	insoluble en agua; amplia gama de tonalidades; es económico para obtener distintas tonalidades	principalmente para telas de algodón.		 depende del tejido y tratamiento posterior	 depende del tipo, tonalidad y profundidad	★★★★★	●●●●●
ÁCIDO	PROTEÍCA SINTÉTICA	soluble en agua; se aplica instantáneamente a la fibra tras estar en soluciones ácidas; amplia gama de tonalidades; fácil aplicación	lanas de alfombra, vestidos, trajes, abrigos, lanas para tejer.			 generalmente bien pero varía	★★★	●●●●●
BÁSICOS	ACRÍLICO, POLIÉSTER CATIONICO	fácil de teñir y fácilmente aplicable a fibras acrílicas; amplia gama de tonalidades	mobiliario, telas de indumentaria				★★★★★	●●●●●
DISPERSOS	POLIÉSTER	desarrollado para fibras de acetato; insoluble en agua, amplia gama de colores	telas de indumentaria, sábanas, alfombras	 mejor en poliéster			★★★★★	●●●●●

[Figura 6] Tipos de colorantes. Adaptado de Fashionpedia (2016).

¿ES EL PIGMENTO UN COLORANTE?

La mayoría de las personas podría estar de acuerdo que cualquier material al cual se le puede aplicar color a un sustrato, se puede referir como un colorante y que el proceso de aplicación se denomina coloración. Por esto mismo, la mayoría de las personas estarían de acuerdo en clasificar a los colorantes como pigmentos o tintes. (Lockuán, 2012).

Los tintes son intrínsecamente solubles en agua o pueden ser solubles en el medio en el que se está conduciendo el proceso de teñido. Por otra parte, los pigmentos se caracterizan por ser insolubles. Por esto, la mayor diferencia entre los pigmentos y tintes es que los pigmentos no son solubles en el medio de aplicación y que no son afectados por el vehículo o sustrato en el cual son incorporados. Alteran la apariencia a través de una absorción selectiva y/o por la luz. Sin embargo, esto no es algo negativo, ya que significa que los pigmentos tienen una mayor gama de aplicación que los tintes. Pueden ser utilizados para dar color a materiales, cosméticos, cerámicas, concreto, comida, cintas adhesivas, pintura, papel, plásticos y textiles, entre otros (Clark, 2011).

El proceso de teñido es donde los colorantes se disuelven y se transportan a la superficie de la fibra, donde las moléculas pasan por un proceso de difusión (Clark, 2011).

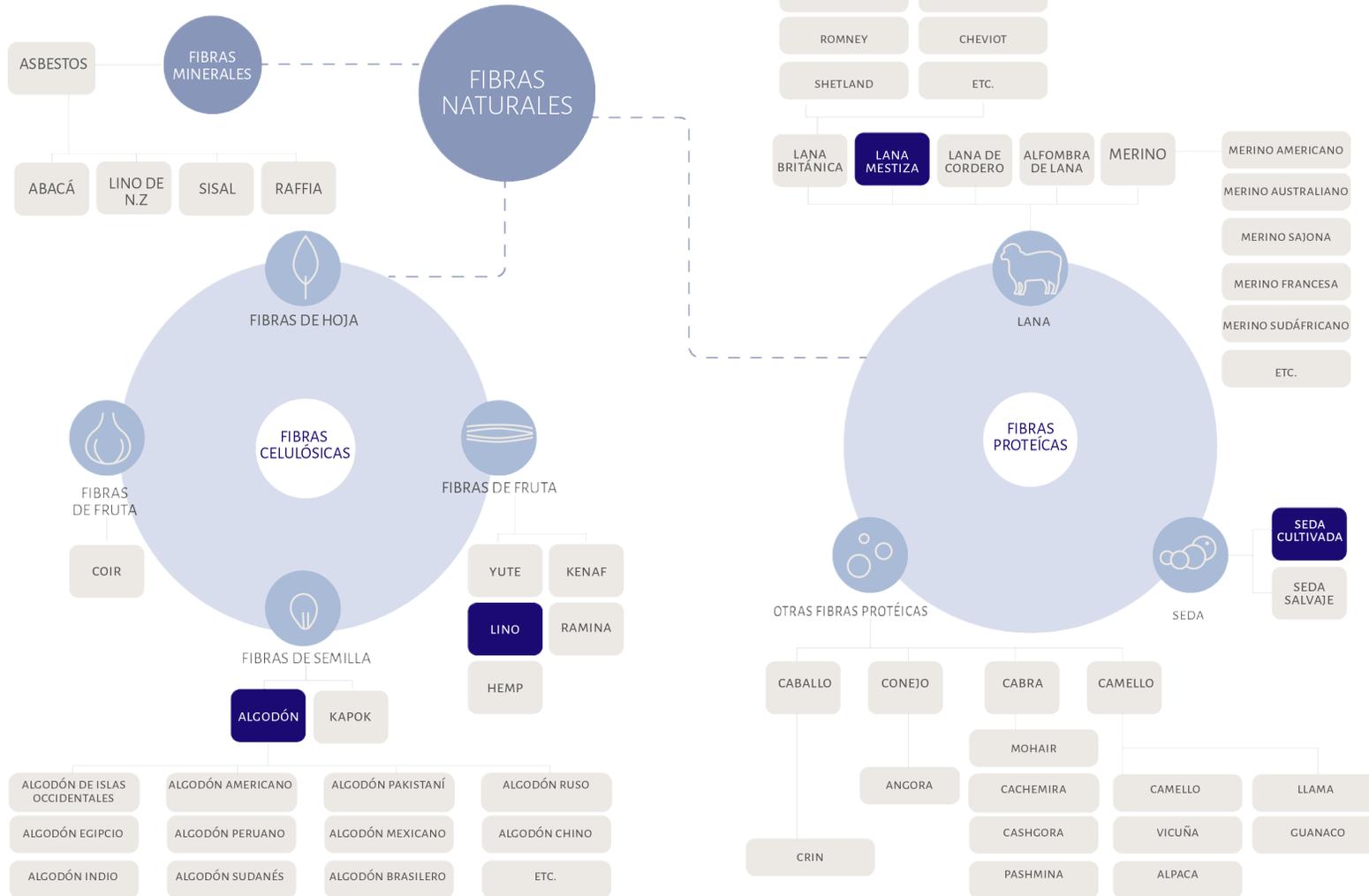
PIGMENTO

Los pigmentos son insolubles en agua o en solventes y son químicamente inafectados por el sustrato en el cual son incorporados. Sin embargo, la forma física y estructural de las partículas de un pigmento son de gran importancia para su aplicación y propiedades. Los métodos físicos como moler o trato con solvente, son necesarias para el pigmento luego de sus síntesis, para así conseguir productos aplicables. Dependiendo del tratamiento, existirán diferentes aplicaciones o colores obtenidos. Finalmente, los procesos de coloración con pigmento pueden ser apoyados por auxiliares como agentes de dispersión, para evitar inestabilidad en su aplicación (Hunger, 2003).

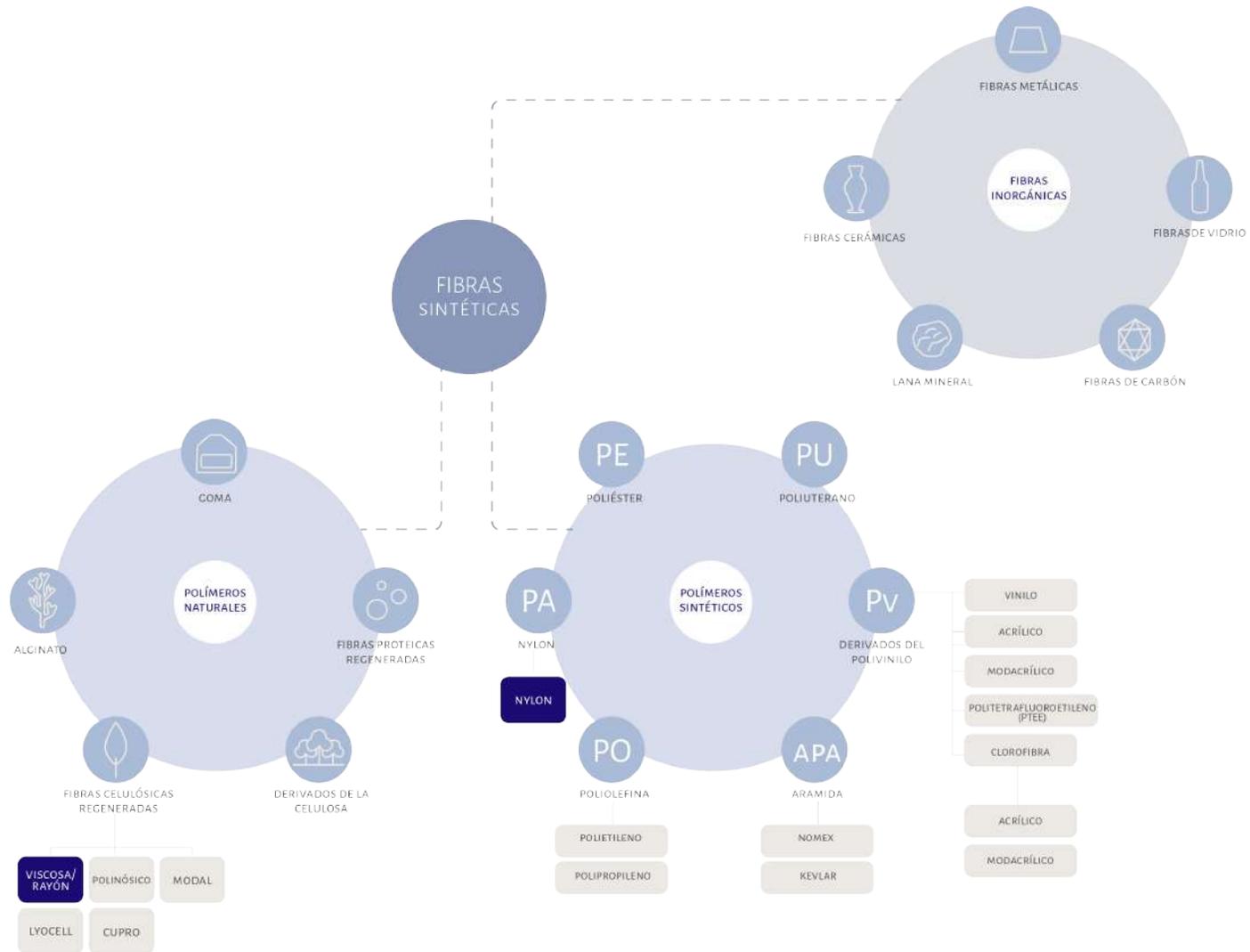
PROCESO DE RODILLO “PADDING”

Los procedimientos que involucran pigmentos son simples e involucran pocos ingredientes en un baño convencional de pigmentos. Principalmente consisten en el uso del rodillo para transferir el pigmento a la tela; la tela debiese tener un proceso previo de lavado y dependiendo del proceso elegido, otros agentes auxiliares. Estos incluyen el pigmento, el fijativo, agente antimigrativo entre otros. El proceso de rodillo debiese obtener desde un 30-70% de colorante en la tela, dependiendo de la naturaleza química y física de la fibra. Sin embargo, algunos problemas en el proceso de rodillo en el cual participa el pigmento, se atribuyen a la preparación de la fibra, la incompatibilidad de la tela con el

pigmento, la migración del pigmento durante el secado, y la elección errónea de auxiliares químicos. Sin embargo, todo esto puede ser evitado al tomar en revisión el procedimiento a realizar. Al igual que el el pigmento aplicado con rodillo a la tela, el estampado del pigmento es un proceso económico, en el cual se puede aplicar a diversas fibras (Aspland, 1993).



[Figura 7] Tipos de fibras.
Adaptado de Fashionpedia (2016).



PROPIEDADES DE LAS FIBRAS SELECCIONADAS

	ALGODÓN	LINO	LANA	SEDA	VISCOSA	NYLON
ABSORCIÓN DE HUMEDAD	2	3	3	3	3	1
RESISTENCIA A HONGOS	1	2	3	3	2	3
TIEMPO MAX. DE PLANCHADO	200°C	230°C	150°C	150°C	180°C	180°C
RESISTENCIA A RAYOS UV	2	2	2	1	2	1
SENSACIÓN AL TACTO	😊	😐	😊	😊	😊	😐
ANTI-ABRASIÓN	3	2	2	2	2	3
ANTI-PILLING	3	3	2	3	3	1
RESILENCIA	1	1	3	2	1	3
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	1	1	2	2	1	3
TERMOPLASTICIDAD	✗	✗	✗	✗	✓	✓

[Figura 8] Fibras utilizadas en el proyecto. Adaptado de Fashionpedia (2016).

2.3 PROCESO DE COLORACIÓN

La coloración es el fenómeno que se produce, cuando un colorante soluble o dispersable en fase líquida, es absorbido por un sustrato de forma que las moléculas de colorante penetren en el interior de la fibra y queden unidos por enlaces tal manera que el sustrato teñido presente resistencia a la deserción del colorante (Loza, 2015).

En el proceso de teñido hay muchos factores que influyen la apariencia del color final, incluyendo la textura del sustrato, la construcción del sustrato (química y física), tratamientos previos aplicados al sustrato antes de teñir y tratamientos posteriores al proceso de teñido (Loza, 2015).

Variables del proceso de coloración:

Sustrato: El material que se va a teñir puede ser en formato de fibra, hilos, tejidos o prendas. Algunos factores que influyen dentro de esto es el sustrato.

Fibra: tipo, estructura química, afinidad por el colorante, etc.

Hilo: intensidad de torsión, presencia de impurezas, etc.

Tejido: tipo, densidad de hilos o mallas, etc.

Factor humano: Este factor es el más importante debido a que dirige el área operativa, los medios y la logística.

Maquinaria: Este factor depende del sistema de trabajo, ya que puede ser continuo, discontinuo o semidiscontinuo. En base a esto, se aplican las respectivas temperaturas, tiempos de exposición, relación de baño, entre otros.

Agentes auxiliares: Son los agentes que ayudan en el cambio de color o ayudan a obtener resultados óptimos, como compuestos fijativos o compuestos utilizados en el prelavado para el desengrase (como lo es el carbonato de sodio/ceniza de sodio).

Parámetros proceso de coloración de

solidez: Los parámetros de coloración son aquellos factores que se pueden controlar durante el teñido. Las cantidades de estos items pueden variar para luego evaluar sus distintos efectos. Estos son los agentes auxiliares, relación del baño, pH (álcali), temperatura y tiempo. Estos parámetros son relevantes por los efectos que provocan en el teñido (Química textil, 2014).

Preparación de fibras: Los materiales textiles poseen una gran cantidad de impurezas tras su manufactura. Las fibras naturales, como el algodón, lana o seda, entre otros, tienen impurezas inherentes de carácter natural. Estas impurezas deben ser removidas para una mejor coloración o para venderlas en un formato blanqueado. Esos pasos, denominados procesos de preparación, dependen principalmente en dos factores:

El tipo, naturaleza y ubicación de las impurezas presentes en las fibras a ser procesadas.

Las propiedades de las fibras como la sensibilidad ante soluciones alcalinas o ácidas, la resistencia a diversos químicos, etc. (Lockuán, 2012).

Por ende, los procesos de preparación se clasifican en dos grupos:

1) El proceso de limpieza donde las impurezas se remueven de forma física o químicamente.

2) Los procesos de blanqueado en donde el componente que da color es destruido químicamente o donde el blanqueamiento de los materiales se puede mejorar ópticamente.

Las impurezas presentes en las fibras textiles dependen en la fuente de origen. Las fibras naturales contienen grandes cantidades de impurezas. Por otra parte, las fibras sintéticas son comparativamente más limpias y contienen cantidades insignificantes de impurezas (Clark, 2011).

Métodos de teñido

La aplicación del color puede ser lograda a través de numerosos métodos, sin embargo los tres más comunes son el teñido por agotamiento, el teñido continuo y el estampado/impresión en tela.

Teñido por agotamiento

En el teñido por agotamiento existen dos etapas, una es la adsorción y la otra es difusión. En la primera etapa el tinte es absorbido en la superficie de la fibra y luego este se difumina en la totalidad de la fibra en la segunda etapa.

El proceso comienza en una temperatura de 30-40° C y luego incrementa llegando a una temperatura final (la cual depende de los tintes utilizados). El pH puede verse modificado durante el proceso de teñido, debido a que en la fase de difusión se fija el tinte que se ha adherido al sustrato.

En el proceso de tinción se introducen los auxiliares en primer lugar para que circulen y luego se introducen los tintes. Este proceso se realiza antes de que la temperatura llegue a su máximo índice, para que la concentración del baño genere un teñido uniforme (Clark, 2011).

Es importante afirmar que la rapidez del teñido depende de la concentración del tinte, la proporción de solución vs tinte, la temperatura del baño y el efecto de los auxiliares de teñido. En muchas ocasiones el teñido por agotamiento rápido, genera la distribución dispereja del teñido en el sustrato. La mayoría de las personas que tiñen telas tienen el objetivo de alcanzar el teñido por agotamiento más alto para minimizar el tinte restante, que luego va por las aguas residuales, al igual que incrementar la reproducibilidad de las tonalidades esperadas para el lote que será teñido. Por ende, la variabilidad de las temperaturas no puede ser tan amplia, debido a que este es un factor que puede modificar las tonalidades. Para

esto, se utilizan dos tipos de máquinas que pueden mantener las temperaturas. Una son las máquinas circulatorias en donde el sustrato se mantiene estático pero la solución circula, y las máquinas de productos circulantes en donde el sustrato y la solución tintórea circulan (Clark, 2011).

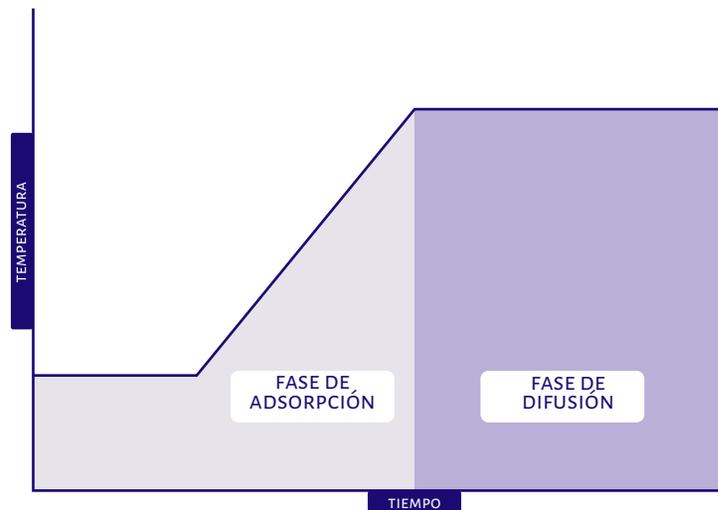
1) **Cuando el colorante se coloca en el baño**, las moléculas de estos, se mueven en el medio líquido hacia la fibra. Esto puede acelerarse si se mueve el contenedor del baño.

2) **Fase de absorción:** donde las moléculas pasan desde la fase líquida (solución de colorante) a una fase sólida (fibra). La superficie de la fibra es la parte

exterior de ella, al igual que los poros donde penetra en la parte interior de la fibra. Esta fase define la uniformidad del color para el uso en el producto final.

3) **Difusión** a nivel molecular del colorante desde la superficie de la fibra hacia el interior de la fibra. Este es un proceso lento que puede acelerarse con el uso de la temperatura de la solución de tinción.

4) La **fijación** de las moléculas de colorante en las moléculas de la fibra comienza a partir de la formación de enlaces entre las moléculas de los colorantes y de las fibras. La estabilidad de la fijación depende del tipo de enlace que ha sido formado. (Clark, 2011).



[Figura 9] Teñido por agotamiento. Adaptado de Clark (2011).

Teñido continuo

Por otro lado se encuentra el teñido continuo, que es un proceso donde el teñido de la fibra y su fijación se llevan a cabo de manera continua en una operación simultánea. Tradicionalmente, esto se logra usando un sistema de producción lineal donde las unidades se ensamblan en líneas de procesamiento continuo donde están los tratamientos previos y posteriores. La aplicación del tinte se puede realizar de manera directa, rociar la tela o imprimir en ella o también a través de una inmersión continua de la fibra en un baño de teñido en donde el exceso es removido por rodillos de compresión. Esto ayuda a quitar exceso de solución acuosa, mantener el tinte en la fibra y ahorrar energía dentro del proceso de secado (Clark, 2011).

Para obtener una fijación uniforme del tinte en el sustrato es preferible secar la fibra luego de aplicar los rodillos, antes de que pase a la próxima etapa. El equipamiento normalmente es calor infra rojo o corrientes de aire caliente.

Tras el secado se realiza la fijación, en donde, a través de una reacción, el tinte logra fijarse en el sustrato. Esta puede ser química (para los tintes reactivos), de agregación (para los tintes de tina y de azufre), interacciones iónicas (para los tintes básicos y ácidos) o soluciones

sólidas (para los tintes dispersos).

La fijación se realiza bajo diferentes condiciones debido a que tanto los tintes como las fibras son diferentes. Tras esta etapa, los sustratos se lavan para remover cualquier tinte o auxiliar que no se haya adherido a la tela.

Imprimir o Estampar

Existen diversos métodos para aplicar tintes usando técnicas para imprimir sobre la tela. El método más común es la impresión directa, en donde los tintes son aplicados en la forma de una pasta de impresión que contiene espesantes y auxiliares; se utiliza un rodillo para pasar la pasta, método conocido como padding. La pasta se aplica a la fibra a través de un rodillo o pantallas en el caso de impresión serigráfica. Tras la impresión, esta sigue un proceso de secado y de vapor, dependiendo de los tintes a utilizar. Las impresiones con pigmentos también involucra el uso de aglutinantes para adherir el tinte a la superficie del sustrato. Tras el proceso de impresión, sólo se requiere una etapa de secado (Clark, 2011).

COLOR

El origen del color esta en la luz, ya que cuando la luz ilumina un objeto, ciertos colores son absorbidos, mientras que otros son reflejados y captados por el ojo. Esta información se envía al cerebro, momento donde se registra el color del objeto (Udale, 2008).

Las dimensiones que definen el color son: tono, croma y luminosidad.

Tono: es el tipo de color como lo son el rojo, amarillo verde y otros (Webster, 1988).

Croma: se conoce como la saturación o pureza de un color, puesto que es el atributo que da la sensación visual de colorido relativo en un estímulo. Se afirma que es el más difícil de evaluar (Billmeyer & Saltzman, 2000).

Luminosidad: calidad de luz reflejada por unidad del área de la superficie (Webster, 1988). El brillo es la impresión visual de luminosidad de un objeto no blanco en comparación con serie de grises (Billmeyer & Saltzman, 2000).

Percepción del color en el consumidor

Llamamos color a la percepción que tenemos del color. Denominamos color a nuestra vivencia cromática de un objeto, pero en ningún caso a la composición molecular de este (Gage, 1993). El significado que los colores tienen para una persona depende del contexto cultural e histórico en el cual está inmerso (Ortiz, 1992).

“
LOS COLORES Y SENTIMIENTOS NO SE
COMBINAN DE MANERA ACCIDENTAL,
SUS ASOCIACIONES NO SON CUESTIONES
DE GUSTO, SINO EXPERIENCIAS
UNIVERSALES PROFUNDAMENTE
ENRAIZADAS DESDE LA INFANCIA EN
NUESTRO LENGUAJE Y EN NUESTRO
PENSAMIENTO”

HELLER, 2004

El color es lo primero que ve el consumidor y se considera un factor primordial al momento de escoger un producto. La mayoría de las autoridades coinciden en que el color o el diseño impreso de un tejido es el factor más importante en la decisión del cliente para la compra de ropa o muebles (Hencken, 2010).

La aplicación de color permite hacer más atractivo e innovador a un producto. A través de la aplicación de color se pueden crear líneas de productos y estilos, según autor, localidad o empresa, puede ser utilizado como factor diferenciador, se pueden destacar atributos del producto, realizar efectos o diseños para mejorar la apariencia, entre otros aportes (Udale, 2008).



03

**Desarrollo de la
Investigación**

ANTECEDENTES: INVESTIGACIONES

TEÑIDO DE TELAS: MÉTODO DIRECTO

En primer lugar, está el “método de teñido directo”, en el cual se tiñe la tela directamente con la bacteria, dentro del mismo plato Petri donde se cultiva, por lo que la bacteria se propaga en la tela. Una investigación realizada (Kanelli et al., 2015), generaba un “método de teñido directo” en un medio líquido. El teñido fue realizado sumergiendo la fibra en conjunto con la bacteria. Las fibras esterilizadas son incubadas en conjunto con la bacteria bajo condiciones óptimas en frascos de 250 mL por 6 días. Luego de la incubación, las muestras de las fibras se esterizaron y lavaron con detergente y con agua destilada.

TEÑIDO DE TELAS: TEÑIDO POR AGOTAMIENTO

Por otra parte, existe un método conocido en la industria textil conocido como teñido por agotamiento, donde el colorante es disuelto en un baño de tintura y se fija en el textil (Cabo, 2015). Consiste en sumergir la fibra en un baño de colorante hasta que se sature y fije; consiste en distintas etapas (Serna & Jara, 2010, pg. 42). Primero se encuentra la difusión o movimiento de la molécula del colorante de la fase líquida hacia la fibra textil. Luego, la adsorción o paso del colorante del baño a la superficie fibra. Tras esto, se encuentra la fijación, movimiento de la molécula de colorante desde la superficie de la fibra hacia su interior, estableciéndose los enlaces entre fibra y colorante (Martín, JC). Tras una investigación realizada, se colocó la solución (violaceína+medio de cultivo) en un recipiente y se agregó 10 veces la cantidad de agua. Se procedió a hervirla y se sumergieron las fibras. Se mantuvo por 20 minutos y luego las telas se lavaron y secaron. Si no se llegaba al color deseado se dejaba nuevamente sumergida 3-5 minutos en el baño de teñido a 80-90 grados Celsius (Shirata et al., 2000).

TEÑIDO DE TELAS: TEÑIDO CON SOLUCIÓN EXTRAÍDA

Finalmente, está el “método de teñido con solución extraída”, el cual está reportado en dos investigaciones distintas. En la primera investigación (Shirata et al., 2000), se hacen dos experimentos. En el primer experimento, se extrajo la violaceína con un solvente (tetrahydrofuran) y su resultado fue nuevamente disuelto en otro tipo de solvente (metanol). Las fibras se sumergieron por mitad de día en esta solución y se compararon; el algodón y la seda se tiñeron con éxito. En el segundo experimento, se extrajo el pigmento con un solvente y la tela se sumergió directamente en esta solución. Este estudio concluyó que el metanol permitió que se adjuntará mejor a la fibra. Se sumergió durante la noche y luego se lavó con agua y se dejó secar en la sombra. En ambos experimentos, se midió la capacidad de teñido en nueve fibras diferentes en donde se comparan los resultados. Se evaluaron diferentes duraciones de inmersión y temperatura, para contrastar los resultados de las 9 fibras. Luego, en la categoría de rapidez del color, se ve la resistencia a la luz, lavado, lavado con agua caliente, sudor ácido, sudor alcalino y la fricción. Como conclusión general, la violaceína probó ser un colorante adecuado, sin embargo, no respondió bien ante la solidez a la luz.

En la segunda investigación (Kanelli et al., 2015), se hacen dos experimentos. En el primer experimento, la fibra fue teñida usando un previo estímulo a su cultivo. En primer lugar, se fermenta la bacteria por 6 días y luego el cultivo fue estimulado por ondas de sonido para así maximizar la producción de violaceína; el sonido liberó la violaceína de las células. El “desecho” de células fue removido y las muestras de las fibras fueron incubadas por 48 horas. Las fibras teñidas se esterizaron y se lavaron con detergente y agua destilada. En el segundo experimento, el extracto sin células fue utilizado directamente con las fibras. Se extrajo el pigmento con un solvente y la tela se sumergió directamente en esta solución. Según la conclusión de este experimento, el solvente también permitió que se adjuntará mejor a la fibra. Se sumergió durante la noche y luego se lavó con agua y se dejó secar en la sombra. Según Cecilia Raspanti, diseñadora del Waag Society que dicta el proyecto BioShades, también afirma que se puede obtener un formato sólido de la violaceína que sea cuantificable, al mezclar la violaceína con un solvente ya que este se evapora y queda el polvo (comunicación personal, 13 de septiembre de 2018).

ANTECEDENTES Y REFERENTES DESDE EL ROL ARTICULADOR DEL DISEÑO

PROYECTOS CREADOS POR DISEÑADORES JUNTO CON MICROORGANISMOS PRODUCTORES DE PIGMENTO

Para tener un acercamiento formal al tema, se presentarán a continuación casos para contemplar la exploración de los tintes provenientes de microorganismos, desde una mirada más amplia a una específica. Los referentes y antecedentes están presentados a continuación se dividen en dos categorías. La primera está compuesta por la Imagen 12 y 13 que trata sobre el componente estético que pueden otorgar los microorganismos, mientras que las imágenes 16, 17 y 18 refieren a la importancia de los sistemas y en especial procesos de tinción.

BioShades

Uno de los proyectos importantes que ha sembrado un creciente interés en otros profesionales y ha concientizado acerca de la importancia de repensar los textiles y sus acabados es el proyecto BioShades. BioShades es un proyecto creado por el Waag Society, una organización holandesa que trabaja con grupos de investigación que desarrollan nuevas tecnologías, arte y cultura. El proyecto BioShades se basa en workshops que enseñan acerca del potencial de teñir con bacterias. Los participantes aprenden desde esterilizar hasta cultivar las bacterias en las telas y a generar patrones. Se enseña a hacer el doblez de las telas y estas se colocan dentro de placas Petri. Luego se coloca la bacteria, y la bacteria va propagándose dentro de la placa y va teñiendo la fibra. A partir de esto se generan patrones únicos a partir de los textiles ya que todos los diseños son impredecibles. Es a través de estos workshops, donde se reúnen personas de otros laboratorios de Europa, por lo que también se crean espacios de discusión y creación colectiva (Davis et al., 2018).



[Imagen 12 y 13] Proyecto BioShades.
Recuperado de BioShades (2019).
Fuente: <https://tcbL.eu/project/bioshades>

Natzai Chieza

Por otra parte, otra pionera en biodiseño que lleva 8 años desarrollando nuevos métodos para la biofabricación de materiales vivos es Natsai Audrey Chieza. En su charla TED habla acerca del futuro de la moda libre de contaminación a través de un enfoque innovador para teñir textiles con pigmentos naturales derivados de bacterias. Estos se han exhibido ampliamente en todo el mundo, incluyendo la Fundación Bauhaus Dessau, el V & A, Science Gallery Dublin y Fondation EDF. Su firma ha creado "The Fold", una línea de pañuelos de seda teñidos individualmente por colonias bacterianas. Parte de una serie de investigaciones en curso llamada Faber Futures, la línea gana su nombre del proceso de origami de doblar cada bufanda hasta que cabe dentro de una placa de Petri (Chawla, 2018).

[Imagen 14 y 15] The future of fashion? Stunning textiles dyed with bacteria (2018). Recuperado de edition.cnn.com/style/article/natsai-audrey-chieza-bacteria-dye-smart-creativity/index.html



ANTECEDENTES Y REFERENTES DESDE EL ROL ARTICULADOR DEL DISEÑO

Algaemy

Algaemy investiga el potencial de la microalga en un contexto creativo, revelando el potencial estético de un recurso que es visto como una especie de "parásito". Las diseñadoras Essi Johanna Glomb y Rasa Weber buscan poner en valor este recurso que son las microalgas, mostrando el potencial que tiene su pigmentos. Ellas crearon una impresora textil análoga que produce pigmento proveniente de microalgas. A través de esta impresora, se generan diferentes diseños de impresión y al mismo tiempo representa un círculo de producción que no requiere de energía adicional, sino simplemente el recurso humano y la microalga misma.



68

[Imagen 16] Impresión sobre telas con colorante de algas. Recuperado de Blond and Bieber (2014) por Glomb, E., Weber R; www.blondandbieber.com/algaemy.

Symbiosis

Los medios impresos ejercen mucha presión sobre el entorno, en especial el medio ambiente, por lo que Jelte van Abbema, diseñadora holandesa, creó un proyecto experimental Symbiosis, que trata sobre la impresión sobre papel con bacterias. Imprimió en papel y vallas publicitarias, creando formas tipográficas que cambiaban de color y forma a medida que las bacterias se multiplicaban y luego morían.



[Imagen 17] Bacteria impresa. Recuperado de Symbiosis (2009) por Abermma, J. Recuperado de www.dezeen.com/2009/10/27/symbiosis-by-jelte-van-abbema/.

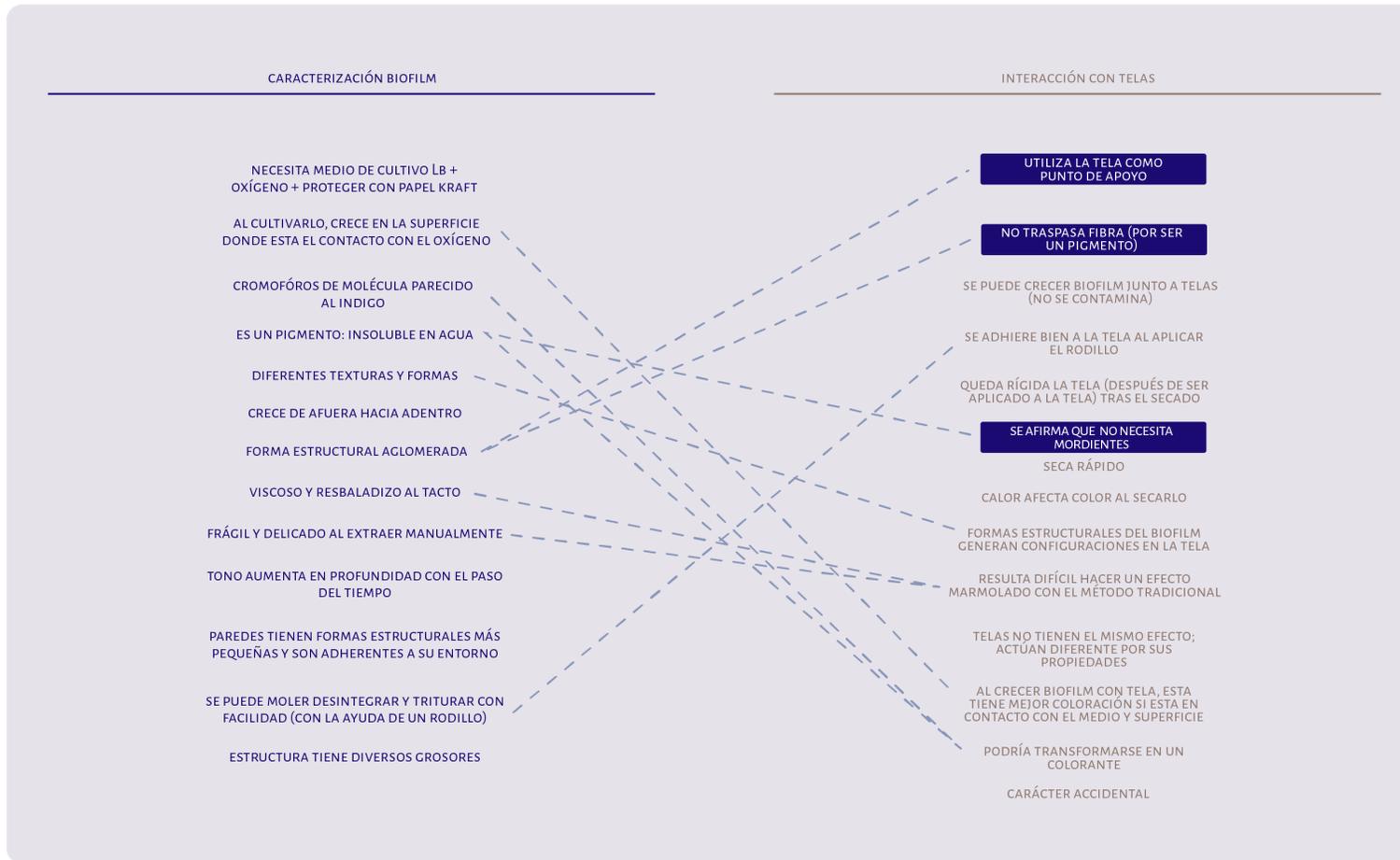
Caso Nacional:

Teñido de papel: Teñido a partir de pulpa de papel Gaspar Guevara (estudiante de diseño) creó una pulpa de papel con violaceína para uso en packaging. Conceptualizó un packaging para el transporte de peras, que pretende poner a prueba las propiedades antimicóticas del pigmento en el mismo packaging, contra el hongo *Botrytis cinerea*. Para la pigmentación del papel se determinó una alta calidad de humedad, alto tiempo de exposición del papel al medio acuoso con la bacterio y con un medio óptimo.



[Imagen 18] Pulpada teñida con violaceína. Recuperado de https://issuu.com/alejandrosoffia/docs/biofabricacion_materiales_cultivado.

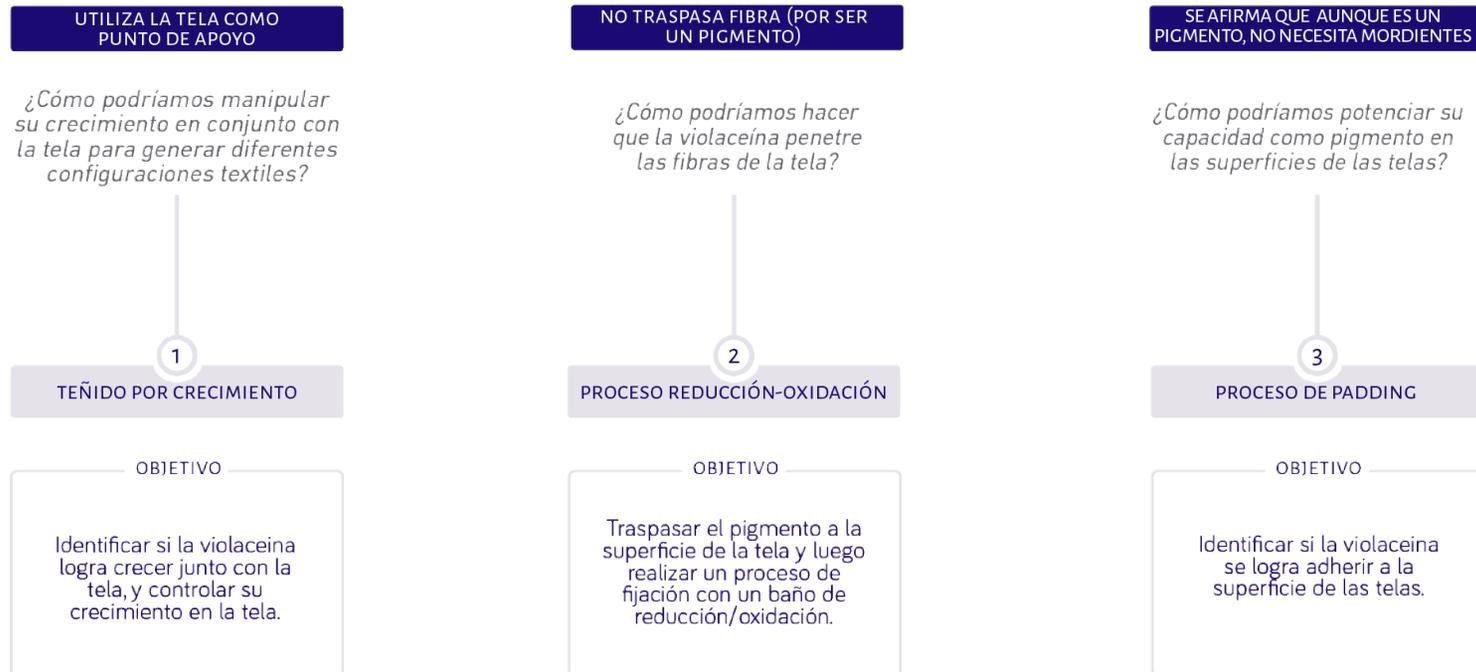
OPORTUNIDADES DE DISEÑO



[Figura 10] Potencial oportunidad de diseño entre caracterización y comportamiento en fibras.

<p>UTILIZA LA TELA COMO PUNTO DE APOYO</p> <p><i>¿Cómo podríamos manipular su crecimiento en conjunto con la tela para generar diferentes configuraciones textiles?</i></p>	<p>NO TRASPASA FIBRA (POR SER UN PIGMENTO)</p> <p><i>¿Cómo podríamos hacer que la violaceína penetre las fibras de la tela?</i></p>	<p>SE AFIRMA QUE AUNQUE ES UN PIGMENTO, NO NECESITA MORDIENTES</p> <p><i>¿Cómo podríamos potenciar su capacidad como pigmento en las superficies de las telas?</i></p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

PROPUESTA DE MÉTODOS



[Figura 11] Detección de oportunidad de diseño para la construcción de los tres métodos a realizar.

1 TEÑIDO POR CRECIMIENTO

HIPÓTESIS

La tela crecerá en conjunto con la bacteria y se estima que se generará una adhesión moderada a fuerte. Se estima que la adherencia será diferente para cada fibra.

MÉTODOS DE CULTIVO



PREINÓCULO

Se crece bacteria en medio líquido por 24 horas (bacteria llega a fase estacionaria) y luego se traspasa medida deseada a medio donde se encuentra la tela a teñir.



COLONIAS:

Se traspasan colonias desde una placa petri directo al medio donde esta tela que será teñida.

SET DE EXPERIMENTOS

CRECIMIENTO CON COLONIAS

A1
Primera aproximación

A2
Contabilización de colonias

CRECIMIENTO CON PREINÓCULO

B1
Primera aproximación

B2
Primer set

B3
Segundo set con tensión

B4
Configuraciones en petris

B5
Configuraciones a mayor escala

VARIABLES

CONTROLABLE

Tipo de telas Peso de telas

Condición de telas: sin pre-lavar

INDEPENDIENTE

Método de cultivo Formato (petri/frasco)

Cantidad de medio de cultivo

DEPENDIENTE

Calidad del color

Cantidad de superficie con violaceína

Configuraciones textiles

FORMATOS

Los formatos en los cuales se creció la bacteria junto con la tela fueron ① placas petri al igual que ② frascos de vidrio, entre otros.

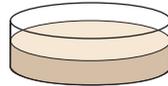
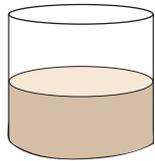




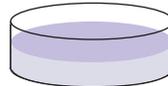
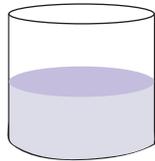
FORMATO FRASCO



FORMATO PETRI



Calcular mediciones para cantidad de medio. Colocar medio LB para el volumen total con el cual se trabajará.



Colocar pre-inóculo o colonias, según indique el experimento. El pre-inóculo se calcula en relación a la cantidad de medio y glucosa (como fue mencionado anteriormente en la sección de cultivo). Para cultivo con colonias, se extrae la colonia y se coloca en diferentes partes de la tela.

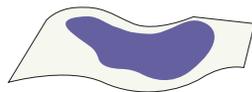


* Para contenedores grandes como los frascos se sostiene la tela con hilos, mientras que para la placa Petri no es necesario realizar esto.

Colocar tela en contenedor (frasco/petri). La tela tiene que tener un diámetro 1 cm más pequeño que el diámetro del contenedor. Es preferible que su superficie este tocando la superficie del volúmen acuoso y que la tela no este por debajo de esta.



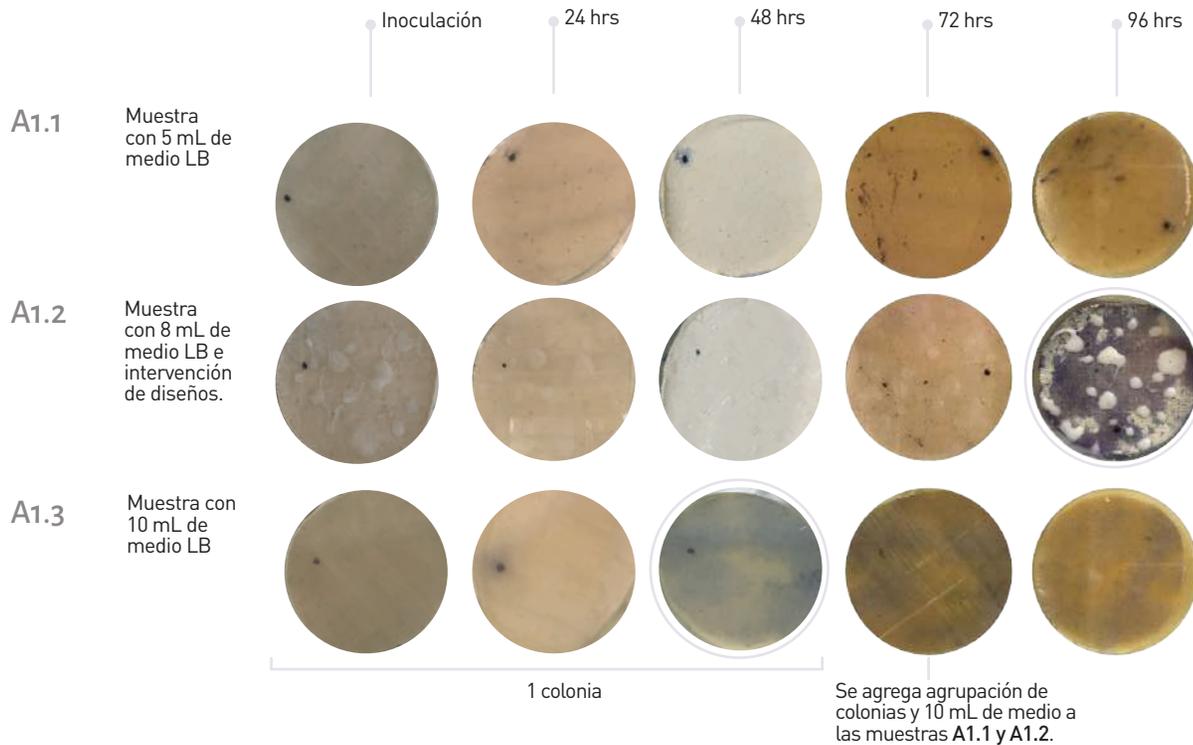
Tapar con papel kraft, sellar con cinta adhesiva y dejar a 20° C para que crezca (en este caso se colocó en una incubadora).



Al retirar, se deja secar. Para términos de esterilidad, se puede optar por uno de los dos procesos que se mencionan en la sección de esterilidad.



A1: PRIMERA APROXIMACIÓN



DESCRIPCIÓN

La primera aproximación se constituyó en tres muestras de algodón (crea), donde la primera muestra A1.1, partió con 5 mL de medio, la A1.2 con 8 mL y la A1.3 con 10 mL. Tras 48 hrs, se agregó una fracción de colonias aglomeradas a las muestras **A1.1 y A1.2**, al igual que 10 mL de medio.

MATERIALES Y EQUIPAMIENTO

Cultivo:

Materiales y equipamiento para el crecimiento de *J. lividum* con medio de cultivo LB (formato petri) + colonias (en petri aparte).

Otros:

- 3 placas Petri
- 3 círculos de 8x8 cm de tela crea (algodón).
- Cola fría: realizar diseños en una tela y dejar secar 1 hora antes mínimo.

PRINCIPALES HALLAZGOS

A1.3

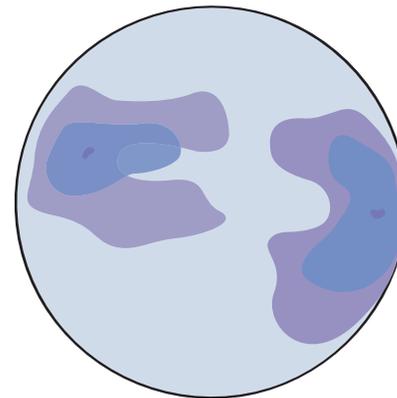
Tras 3 días, la tinción más visible fue el Petri **A1.3**, el cual evidenció un color violeta en la tela. Si bien no generó un biofilm, la violaceína utilizó la tela como punto de apoyo, tiñendo gran parte de ella. La forma en que la violaceína fue abarcando la superficie comenzó desde la colonia que se colocó en la tela y fue creciendo por las afueras del círculo de la tela. También, se observó que el área de la tela que no se tiñó fue debido a que no estaba expuesta al oxígeno y estaba más bien, sumergida en el medio; el área que se tiñó tenía contacto tanto con el medio como con la superficie (contacto con oxígeno). El color del Petri **A1.3** se degradó en 96 hrs. Los otros experimentos, **A1.1 y A1.2**, tenían una cantidad muy mínima de medio de cultivo, por lo que el medio se secó al estar **A1.1 y A1.2** expuesto a una temperatura de 20° C tras 48 hrs.

Luego de 48 hrs, se optó por agregar una mayor cantidad de bacterias, por lo que se colocó colonias conglomeradas (sin una cantidad específica) a los experimentos **A1.1 y A1.2**. Por otra parte, debido a que en estos experimentos se secó el medio

COLONIAS APLICADAS:

de cultivo, se agregó 10 mL de cultivo. Debido a que la placa Petri **A1.3** ya tenía suficiente medio de cultivo solo se agregó 1 ml de medio de cultivo.

El Petri **A1.2** tuvo un mayor crecimiento de la cantidad de bacterias y producción de violaceína como se pudo ver tras 24 hrs, por lo que se afirma que contenía más bacteria que el Petri **A1.1**. Si bien a ambos se les colocó una cantidad que a simple vista parecía similar, esto evidenció que la



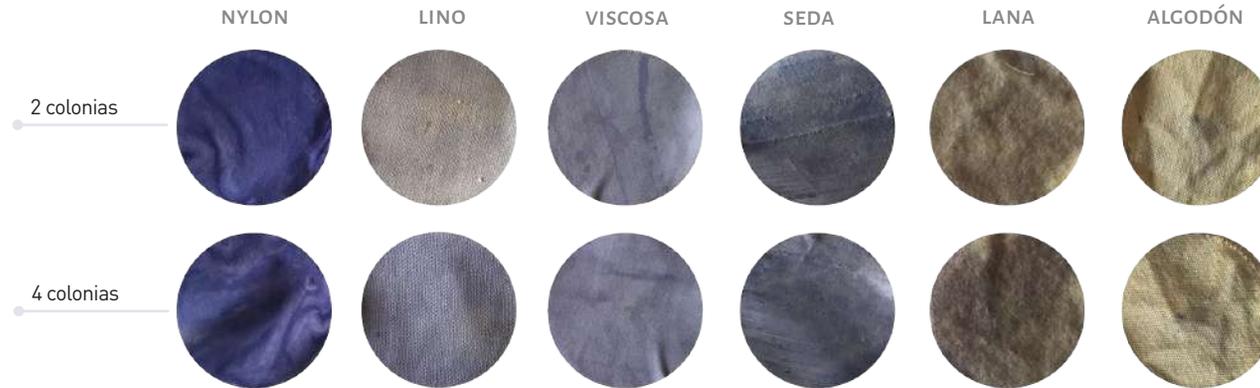
FACTORES INCIDENTES:

cantidad de colonias que se colocan solo se pueden cuantificar al sacar las que están aisladas de cada una. Asimismo esto muestra que la **cantidad aplicada de colonias es significativa para los resultados**. También, el **A1.1** se hundió, teniendo menos contacto con el oxígeno, mientras que el **A1.2** no se hundió y tuvo un mayor contacto con el oxígeno. Por lo tanto, se podría afirmar que hay **dos cosas que influyeron** en el crecimiento de la bacteria y su producción de pigmento, que es, **la cantidad de bacteria colocada y la exposición al oxígeno** (ver Figura #).

- Concentración de coloración
- Coloración moderada
- Área con menor exposición a la superficie (contacto con oxígeno), por lo tanto con una menor coloración.



A2: CONTABILIZACIÓN DE COLONIAS



DESCRIPCIÓN

Tras la primera aproximación, se decidió realizar un experimento donde se comparará la coloración de una tela con una menor cantidad de colonias que otras- siendo comparada 2 vs. 4 colonias.

MATERIALES Y EQUIPAMIENTO

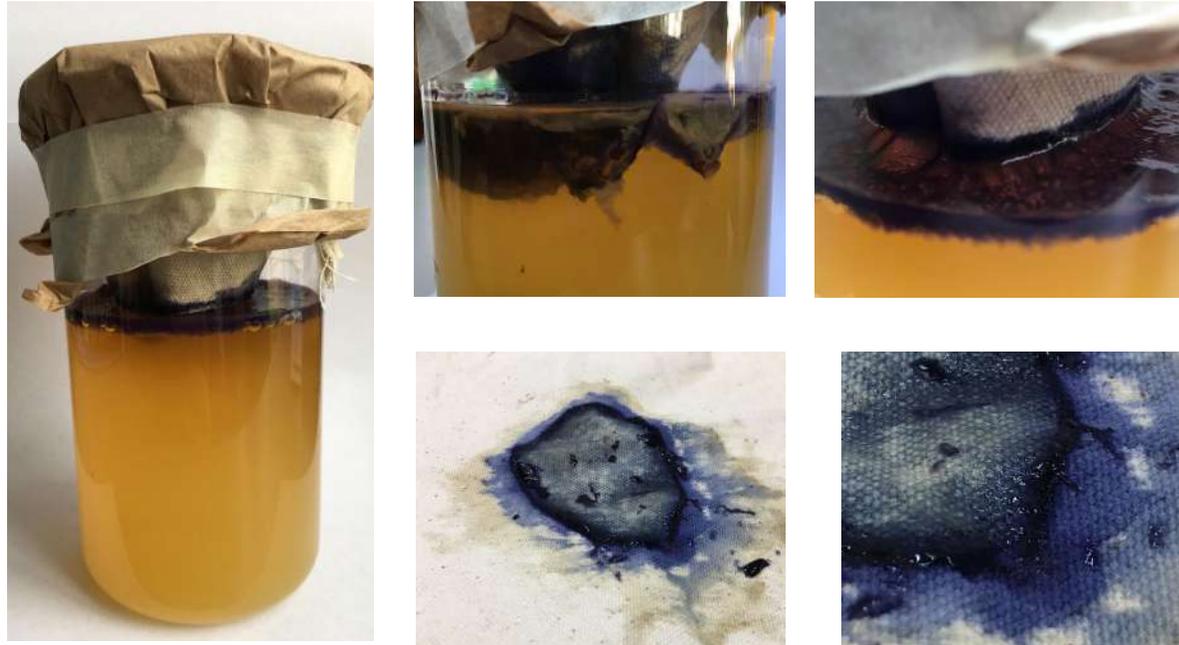
Cultivo:
Materiales y equipamiento para el crecimiento de *J.lividum* con medio de cultivo LB (en formato petri) + colonias.

Otros:
- 12 placas petri
- 2 círculos de 8x8 cm de cada tipo de tela (crea (algodón), lino, seda, lana, nylon y viscosa).

PRINCIPALES HALLAZGOS

No hubieron mayores diferencias a excepción del lino, dado que el lino con mayor colonias, tuvo una mayor coloración. La viscosa y seda tuvieron una coloración uniforme, mientras que el nylon creó configuraciones muy interesantes. Por otra parte, el algodón (crea) y la lana no respondieron bien ya que no creció nada.

B1: PRIMERA APROXIMACIÓN



DESCRIPCIÓN

La primera aproximación con pre-inóculo en formato de frasco fue en base a una muestra de algodón (crea). La tela se posicionó por dentro del frasco de forma similar a los filtros de café.

MATERIALES Y EQUIPAMIENTO

Cultivo:
Materiales y equipamiento para el crecimiento de *J. lividum* con medio de cultivo LB (en formato frasco) + preinóculo.

Otros:
- Tela de crea; dimensiones 12x12 cm
- Frasco capacidad de 500 mL

PRINCIPALES HALLAZGOS

No toda la tela tuvo contacto con el bio film. Se tiñó lo que tuvo contacto con la superficie del bio film, y lo que estaba debajo del biofilm tuvo una menor coloración. Por otra parte, la estructura de la violaceína es muy interesante ya que es

estructuralmente compleja. El biofilm crece y es moderadamente grueso en 3 días, mientras que a los 5 días se determinó una óptima cantidad tiempo para un biofilm grueso y concentrado (5 mm aprox de grosor).

B2: PRIMER SET



LINO



NYLON



ALGODÓN



SEDA



VISCOSA



LANA

DESCRIPCIÓN

El primer set de frascos se compuso por muestras de las 6 telas en base a un método de cultivo con pre-inóculo. La tela, con hilos en ambos extremos del círculo, se posicionó dentro de los frascos.

MATERIALES Y EQUIPAMIENTO

Cultivo:
Materiales y equipamiento para el crecimiento de *J.lividum* con medio de cultivo LB (en formato frasco) + preinóculo.

Otros:
- 6 frascos de 8 cm de altura con capacidad de 100 mL
- Círculos de 6x6 cm de cada tipo de tela (crea [algodón], lino, seda, lana, nylon y viscosa).
- Hilo para sostener telas

PRINCIPALES HALLAZGOS

Debido a que las telas difieren entre ellas en cuanto al peso, estructura, compuestos, entre otros, los resultados fueron todos diferentes. Al estar sujeto por dos extremos, la parte central de las telas se sumergió. Esto resultó en diferentes configuraciones, debido a que hubieron áreas que no tuvieron contacto con la violaceína. Por otra parte, la rigidez de la crea le permitió permanecer en la superficie, obteniendo una mayor coloración.

B3: TELAS CON TENSIÓN



LINO



NYLON



ALGODÓN



SEDA



VISCOSA



LANA

DESCRIPCIÓN

El segundo set de frascos se compuso por muestras de las 6 telas en base a un método de cultivo con pre-inóculo. La tela, con hilos en ambos extremos del círculo, se posicionó dentro de los frascos. Se agregó un bastidor que tensionara las telas.

MATERIALES Y EQUIPAMIENTO

Cultivo:

Materiales y equipamiento para el crecimiento de *J.lividum* con medio de cultivo LB (en formato frasco) + preinóculo.

Otros:

- 6 frascos de 8 cm de altura con capacidad de 100 mL
- Círculos de 6x6 cm de cada tipo de tela (crea (algodón), lino, seda, lana, nylon y viscosa).
- Hilo para sostener telas
- Bastidores de pai y clips

PRINCIPALES HALLAZGOS

Sistema de bastidor sirvió para que no se cayera la tela. Mientras se mantenga la tensión, el biofilm es capaz de colorear la tela de manera uniforme.



B4: CONFIGURACIONES EN PETRIS

SEIS DIFERENTES TELAS EN PETRIS CRECIDAS CON PRE-INÓCULO. LAS CONFIGURACIONES SE CREARON A PARTIR DE PLANTILLAS DE ACRÍLICO



DESCRIPCIÓN

Las configuraciones en placas petri se realizaron a 6 telas en base a un método de cultivo con pre-inóculo. La tela se posicionó al interior del bastidor con tensión.

MATERIALES Y EQUIPAMIENTO

Cultivo:

Materiales y equipamiento para el crecimiento de *J. lividum* con medio de cultivo LB (en formato petri) + preinóculo.

Otros:

- 6 placas petris
- Círculos de 8x8 cm de cada tipo de tela
- Bastidores de acrílico con patrones (7x7 cm)
- Hilo para amarrar



PRINCIPALES HALLAZGOS

El mejor logrado fue el lino en cuanto a la representación del patrón sobre la tela. Esto se debe a que el biofilm estaba a la altura de la tela, por lo que logró la coloración de las partes expuestas a la superficie. Las otras telas no resultaron debido a que las telas y el biofilm no quedaron a la misma altura. En esto incidió el peso de la tela, al igual que el peso del bastidor de acrílico.



B5: CONFIGURACIONES A MAYOR ESCALA

SEIS DIFERENTES TELAS EN ENVASES DE ALUMINIO, CECIDAS CON PRE-INÓCULO.
LAS CONFIGURACIONES SE CREARON A PARTIR DE PLANTILLAS DE ACRÍLICO



DESCRIPCIÓN

Las configuraciones en envases se realizaron a 6 telas en base a un método de cultivo con pre-inóculo. La tela se posicionó al interior del bastidor con tensión.

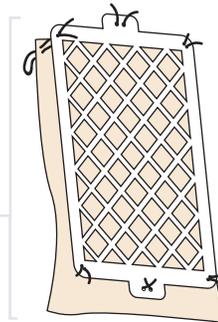
MATERIALES Y EQUIPAMIENTO

Cultivo:

Materiales y equipamiento para el crecimiento de *J. lividum* con medio de cultivo LB (en formato frasco) + preinóculo.

Otros:

- 6 envases de aluminio desechable (15 x 10 cm)
- 14 x 8 cm tela (algodón, lino, lana)
- 18 x 30 cm tela (viscosa, nylon y seda)
- Bastidores de acrílico con patrones (15x7 cm)
- Hilo para amarrar



PRINCIPALES HALLAZGOS

Las telas mejor logradas fueron el nylon, seda y viscosa. Es indudable el carácter accidental del crecimiento de la bacteria y su producción de violaceína, ya que difícilmente sigue las formas. El lino tuvo una leve representación del patrón, sin embargo la tela en sí no tiene una afinidad con la violaceína. La

lana es otra tela con poca afinidad con la violaceína, y además no estaba a la misma altura que el biofilm. Por otra parte el algodón solo se coloreó por un lado de la tela debido a que el biofilm no llegó a la altura entre el acrílico y la tela, sino por debajo de la tela.

3 PROCESO DE PADDING

HIPÓTESIS

Debido a que la violaceína es un pigmento no soluble en agua, si debiese adherirse a la superficie de la tela. También, el biofilm es grueso y concentrado, por lo que al tacto demuestra tener potencial para crear configuraciones.

SET DE EXPERIMENTOS

D1
Primera aproximación: algodón
D2
Configuraciones textiles:
fibras celulósicas
fibras proteicas
fibra sintética

VARIABLES

CONTROLABLE

Tipo de telas Peso de telas

Método de cultivo

INDEPENDIENTE

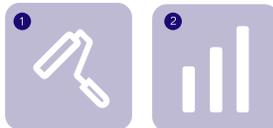
Uso de rodillo

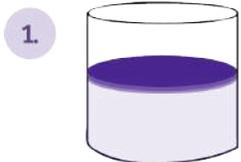
DEPENDIENTE

Calidad del estampado

USO DE RODILLO

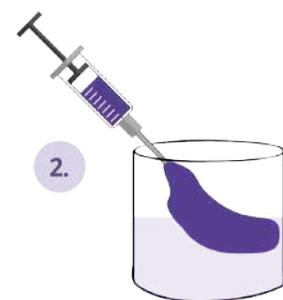
Luego de traspasar el biofilm a la tela se utilizó un rodillo, con el cual hubieron diferentes factores: ① pasadas y ② fuerza ejercida





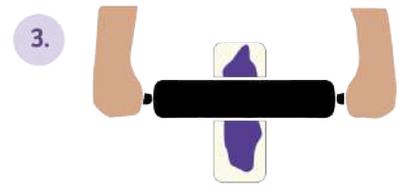
1.

Hacer crecer bacteria hasta producir biofilm en la parte superior.



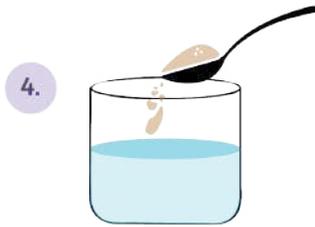
2.

Cuidadosamente, extraer el biofilm con una jeringa.



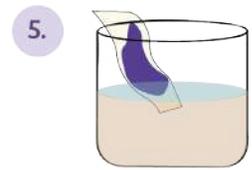
3.

Colocar el biofilm con la jeringa en una tela. Luego uslerear tela según patrón deseado. Si se desea obtener uniformidad se debe realizar pasadas con el rodillo hasta que biofilm quede parejo. Dejar muestra secar.



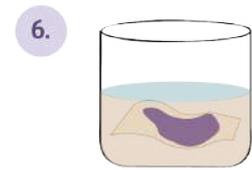
4.

Simultáneamente, agregar carbonato de sodio en una mezcla con agua tibia. Asegurarse de que pH es de 10, usando un medidor de ph.



5.

Mezclar y agregar muestra seca.



6.

Mantenerla sumergida por 5 minutos.



7.

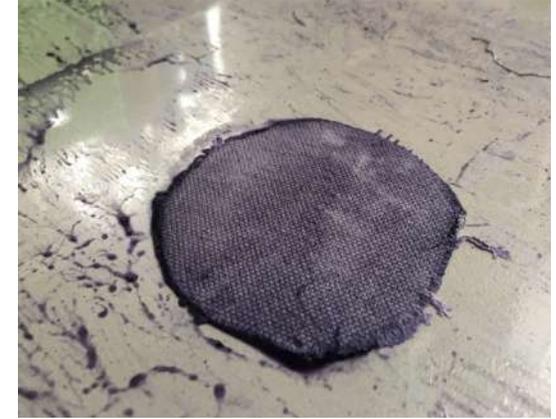
Sacar y lavar con jabón no ionico. Dejar secar.



JERINGA: PROCESO DE EXTRACCIÓN



RODILLO: PROCESO DE CONFIGURACIÓN



CONFIGURACIÓN: COLOR UNIFORME

DESCRIPCIÓN

D2 es un set de experimentos donde se realiza el proceso de padding a las 6 tipos de telas. El enfoque fue poder realizar una diversa gama de configuraciones, desde la uniformidad hasta patrones orgánicos y diversos. En las

siguientes páginas se puede apreciar las configuraciones textiles en telas celulósicas, proteicas y sintéticas. En las imágenes se pueden apreciar algunos materiales utilizados para este set de experimentos.

MATERIALES Y EQUIPAMIENTO

Baño de ceniza:

- Ceniza de Soda (30 g)
- Agua (300 mL)
- Medidor de pH
- Cocinilla
- Olla de acero inoxidable

Otros:

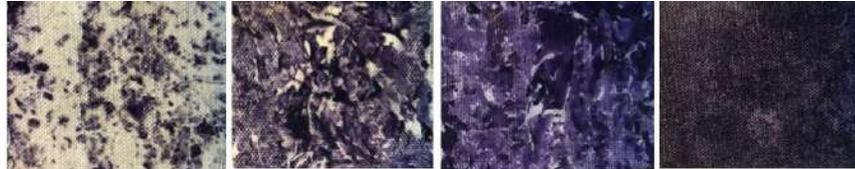
- 6 telas (de 8x8 cm); **celulósicas:** lino, algodón, viscosa, **proteicas:** lana, seda y **sintética:** nylon.
- Biofilm de violaceína
- Rodillo
- Alusplast (área de trabajo)
- Cinta adhesiva

Se aplicó para todas las telas una capa de biofilm.



D1 PRIMERA APROXIMACIÓN: ALGODÓN

PADDING



PADDING + CARBONATO DE SODIO



DESCRIPCIÓN

La primera aproximación fue con cuatro muestras de algodón, donde se exploró la estructura del biofilm.

MATERIALES Y EQUIPAMIENTO

Cultivo:

Materiales y equipamiento para el crecimiento de *J. lividum* con medio de cultivo LB (en formato frasco) + preinóculo.

Otros:

- Círculos de 6x6 cm de tela (algodón)
- Uslero
- Alusaplast (colocar plástico en superficie)

- Jeringa
- Biofilm
- Carbonato de sodio
- Termómetro
- Olla de acero inoxidable
- Cocinilla

PRINCIPALES HALLAZGOS

Uniformidad + Configuraciones: Se puede realizar fácilmente en la tela con la ayuda de un rodillo, a través de la cantidad de pasadas.

Extracción biofilm: se intento extraer manualmente, sin embargo se destruye la estructura. Con una jeringa se puede absorber el biofilm sin destruir su estructura completamente.

Cantidad que se aplica: al colocar una pequeña cantidad en relación a la tela se puede ampliar y permitir la expresión de la estructura del biofilm.

Agitación de biofilm: Al ser agitado, las partes del biofilm se hacen más pequeñas, pero no se disuelve. Sin embargo, esto permite otro tipo de configuraciones.

Tonalidades: Para realizar tonalidades más oscuras se puede colocar más de una capa. El carbonato de sodio hace que el color se opaque más.

Secado: Tiempo estimado de secado es 2 horas a una temp. ambiental.



D2: FIBRAS CELULÓSICAS

ALGODÓN



LINO



VISCOSA



PRINCIPALES HALLAZGOS

La viscosa es la tela celulósica que mejor funciona dentro del método de padding, ya que logra expresar la violaceína desde la uniformidad y otras configuraciones más complejas. Sin embargo, aún absorbe menos el color de la violaceína en comparación al nylon, por ejemplo.

Por otra parte, el lino es capaz de absorber partículas más pequeñas en sus fibras, (mostrando una coloración en toda la tela) y además se puede aplicar biofilm, mientras que el algodón solo muestra coloración al colocarse biofilm, no absorbe

partículas más pequeñas. Si bien se crean diferentes configuraciones en los 3 tipos de tela, la viscosa es la que representa la tonalidad del color de manera favorecida, sin opacarlo.



D2: FIBRAS PROTEICAS

SEDA



LANA



PRINCIPALES HALLAZGOS

Se puede afirmar que la lana no tuvo afinidad por la violaceína en el proceso de padding, debido a que no logró obtener un color oscuro como otras muestras y no logró representar de forma fidedigna el color que se puede obtener con la violaceína. El resultado más

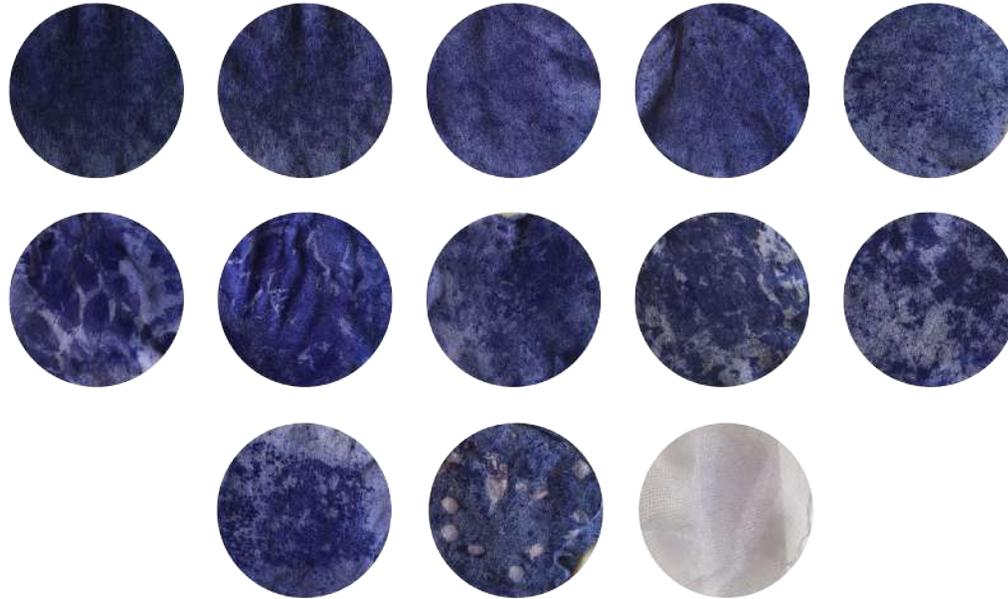
bien, fue una versión opaca del color y no se podía apreciar completamente. Por otra parte la seda, sí logró crear, a partir de la violaceína, un color coherente desde su uniformidad, a diversas configuraciones, en donde tanto la estructura de la fibra

se aprecia, al igual que la estructura que compone el biofilm de violaceína.



D2: FIBRAS SINTÉTICAS

NYLON



PRINCIPALES HALLAZGOS

El nylon es la tela, compuesta por fibras sintéticas, con la cual se obtuvieron los mejores resultados. En esta tela, se puede observar que la violaceína logra una expresión muy intensa y profunda. Puede manifestar desde colores oscuros a colores claros, y configuraciones

uniformes a configuraciones accidentales. Por otra parte, se intentó experimentar con el tul, ya que también es nylon. Sin embargo, el tul no respondió tan bien, ya que no tenía una coloración notoria.

2 PROCESO REDUCCIÓN - OXIDACIÓN

HIPÓTESIS

La tela con violaceína se tornará de otro color y volverá a su color original con el contacto del aire. En cuanto a su resultado final, se va a adherir a la fibra.

SET DE EXPERIMENTOS

C1
Primera aproximación de reducción
C2
Reducción con hidrosulfito
C3
Baño de reducción con soda caustica & hidrosulfito
C4
Reducción de nylon con hidrosulfito

VARIABLES

CONTROLABLE

Tipo de telas Peso de telas

Método de cultivo

INDEPENDIENTE

Auxiliares proceso reducción

Condición de telas: Telas Pre-lavadas y telas sin pre-lavar

DEPENDIENTE

Calidad del teñido

Solidez del color

AUXILIARES

HIDROSULFITO DE SODIO

El hidrosulfito de sodio sirve como agente reductor en el proceso de reducción-oxidación durante el teñido con índigo.

SODA CAÚSTICA

La soda caústica es un componente tóxico, que también sirve como un agente que aporta en el proceso de reducir una molécula.

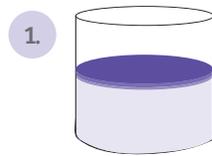
CONDICIÓN DE TELAS

Se compararon ① telas prelavadas y ② telas no lavadas. Durante el pre-lavado se desengrasan las telas, por lo que es ideal para un buen teñido.



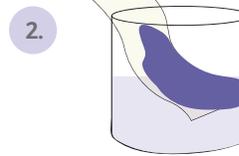
La estructura molecular de color de la violaceína es similar a la estructura del índigo, puesto que ambos contienen doble enlaces, que son los cromóforos. Esto los convierte a ambos en insolubles en agua, clasificándolos como pigmentos. Para teñir con índigo, se realiza un baño de reducción + oxidación en donde se solubiliza el pigmento, adhiriéndolo a la fibra. Basado en el hallazgo que el índigo y la violaceína comparten estructuras moleculares similares y cromóforos iguales, se podría aplicar el mismo proceso de teñido del índigo a la violaceína.

Para el proceso de reducción-oxidación del colorante índigo a la fibra se utilizan agentes reductores como el hidrosulfito de sodio en un medio fuertemente alcalino para transformarlo en su forma leuco reducida (leucoíndigo incoloro). En esta forma (leuco reducida), el colorante es afín a las fibras naturales ya que el leucoíndigo es absorbido por enlaces de hidrógeno que se forman entre los grupos hidroxilo de subunidades de glucosa y grupos del colorante. Después es necesario que el colorante se adhiera a la tela, por lo que se oxida el colorante sobre la tela mediante el contacto con el aire. Luego se debe eliminar el exceso de colorante y de álcali con lavados.



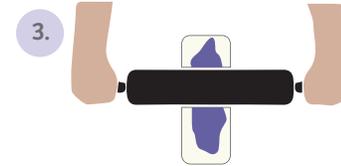
1.

Hacer crecer bacteria hasta producir biofilm en la parte superior.



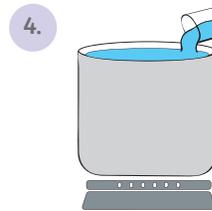
2.

Cuidadosamente, pasar la tela por debajo del biofilm de forma que el biofilm quede en la superficie de la tela.



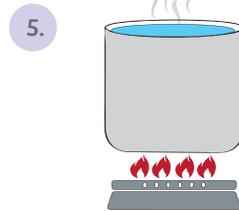
3.

Colocar la tela en una superficie plana y uslear hasta que el biofilm quede plano sobre la tela.



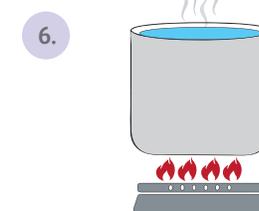
4.

Usando un beaker de metal, colocar los ingredientes que indique el experimento para preparar un baño reductor.



5.

Calentar agua hasta 75° Celsius y mezclar hasta que el agente reductor se disuelva.



6.

Colocar la tela con el biofilm adentro de la olla, sin dejar que la tela se esponje al aire. Revolver ocasionalmente. Sacar cuando experimento lo indique.



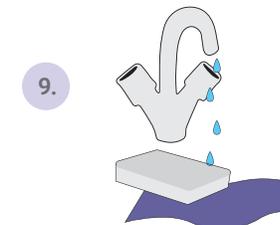
7.

Al sacar la tela de la olla, sacar exceso de líquidos.



8.

Dejar tela expuesta al aire, ya sea encima de una superficie o colgando hasta que vuelva a su color original.



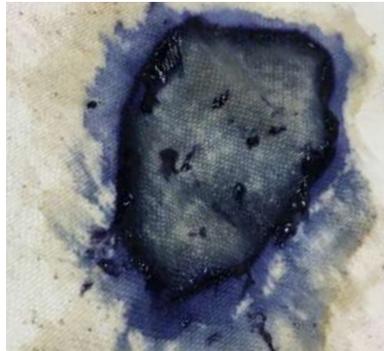
9.

Lavar con jabón delicado.

C1.1 PRIMERAS APROXIMACIONES

PROCESO DE REDUCCIÓN EN MUESTRA DE ALGODÓN CRECIDA PREVIAMENTE CON VIOLACEÍNA.

C1.1



POST CRECIMIENTO EN TELA



BAÑO DE REDUCCIÓN



OXIDACIÓN + RESULTADO

DESCRIPCIÓN

La primera aproximación se constituyó en una muestra de algodón (crea) de 8x8 cm, que fue previamente colocada en conjunto con la bacteria en un frasco. Tras su coloración, se procedió a realizar una reducción con hidrosulfito.

MATERIALES Y EQUIPAMIENTO

Reducción:
- Ceniza de Soda (5 mL)
- Hidrosulfito de sodio (2.5 mL)
- Agua (3 tazas)
Otros:
- Tela de algodón con violaceína (8x8 cm)

PRINCIPALES HALLAZGOS

Al colocarlo dentro del baño, la violaceína se puso azul clara, luego verdosa-amarillenta, y luego su color fue desapareciendo. Al extraerla del baño, lentamente empezó a volver a un color violeta el cual tenía originalmente. En la olla se veían extractos de la bacteria, mucosa con apariencia blanca.

El método si funcionó, pues traspaso ambos lados y su color siguió la misma transformación que ocurre en el caso del indigoide. Si bien el método funcionó, se puede ver que el color se ve afectado, puesto que se opaca.

 C1.2 PRIMERAS APROXIMACIONES

C1.2.1



C1.2.2



DESCRIPCIÓN

La segunda aproximación constituyó en dos muestras de algodón (crea), en el cual a una se colocó violaceína con rodillo (padding) y la otra con la violaceína colocada por separado en la olla, se procedió a realizar una reducción con hidrosulfito.

MATERIALES Y EQUIPAMIENTO

Reducción:

- Ceniza de Soda (5 mL)
- Hidrosulfito de sodio (2.5 mL)
- Agua (3 tazas)

Otros:

- Dos muestras de algodón (8x8 cm)
- 5 mL de biofilm de violaceína

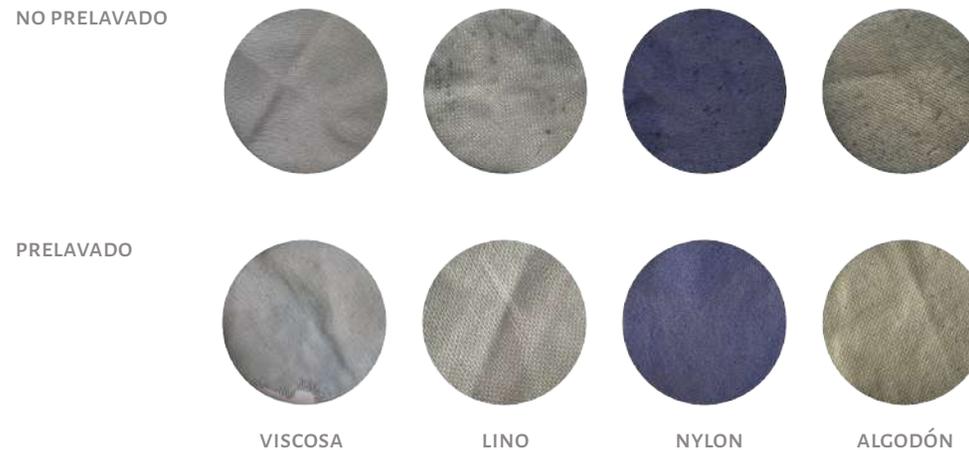
PRINCIPALES HALLAZGOS

C1.2.1: Al colocar la muestra de tela dentro de la olla, el color fue desvaneciéndose, hasta colocarse incolora. Tras 10 minutos, se retiró la tela de la olla y se dejó en contacto con el aire. A los 10 minutos, el color violeta comenzó a re-aparecer y a los 20 minutos se hizo

visible en la mayoría de la superficie, sin embargo, el color no era tan intenso como lo fue al principio.

C1.2.2: Este experimento no resultó, debido a que el biofilm no se adhirió a la tela y quedó incoloro.

C2 REDUCCIÓN CON HIDROSULFITO



DESCRIPCIÓN

El experimento se compuso por las telas: viscosa, lino, nylon y algodón, donde se realizó un proceso de padding y luego se procedió a realizar una reducción con hidrosulfito.

MATERIALES Y EQUIPAMIENTO

Reducción:

- Ceniza de Soda (5 mL)
- Hidrosulfito de sodio (2.5 mL)
- Agua (3 tazas)
- Vinagre (pretratamiento nylon)

Otros:

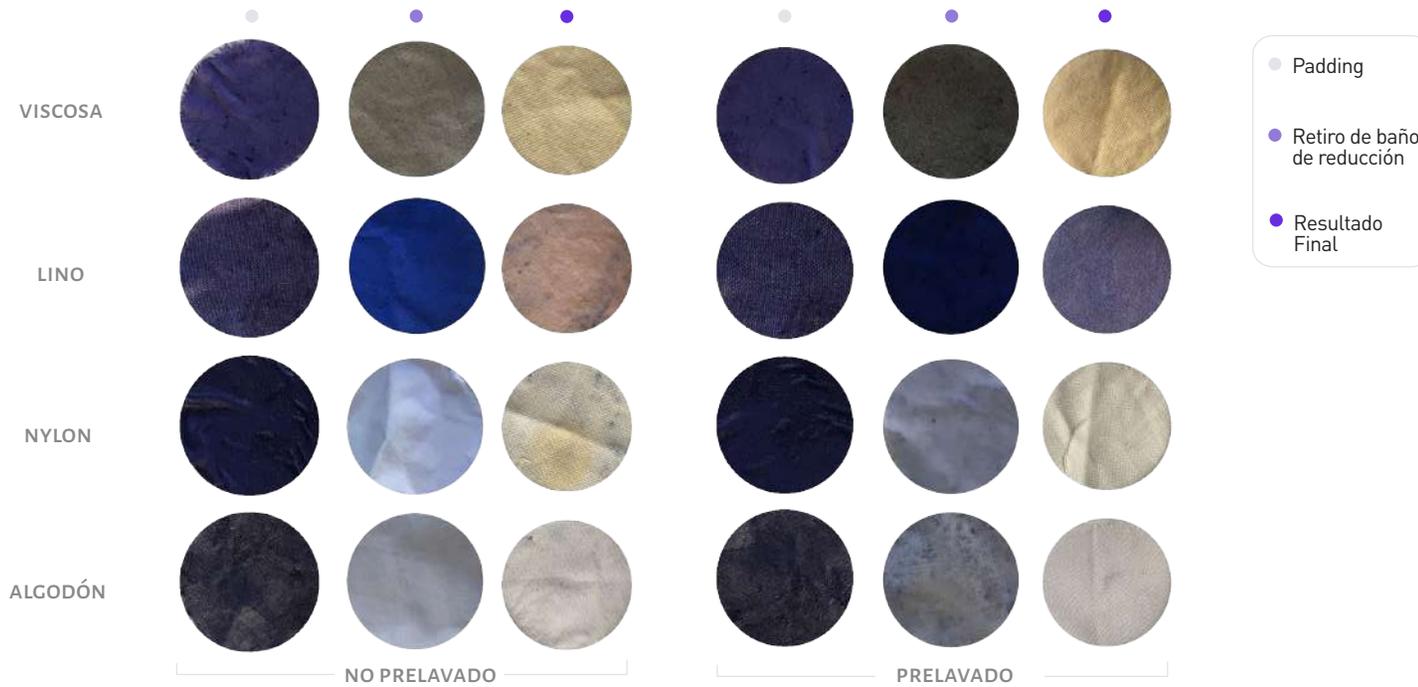
- Telas (8x8 cm) con violaceína (proceso de padding apriori) a excepción de seda y lana

PRINCIPALES HALLAZGOS

La calidad del color cambia drásticamente cuando es sometido a un baño reductor, sin embargo, este podría verse mejorado si se agregara una mayor cantidad de capas durante el proceso de "padding". Por otra parte, si bien el hidrosulfito cumplió su rol como

agente reductor, se podría aventurar en otras opciones que sean más eficientes y/o sustentables, como la glucosa, entre otros.

C3 REDUCCIÓN CON HIDROSULFITO Y SODA CÁUSTICA



DESCRIPCIÓN

La primera aproximación se constituyó en una muestra de algodón (crea) de 8x8 cm, que fue previamente colocada en conjunto con la bacteria en un frasco. Tras su coloración, se procedió a realizar una reducción con hidrosulfito.

MATERIALES Y EQUIPAMIENTO

Reducción:

- Hidrosulfito de sodio (1.5 g)
- Sal: 15 mL del 10% de solución
- Soda cáustica: 50 mL del 10% de solución
- Suficiente agua para un volumen total de 500 mL
- Vinagre (pretratamiento nylon)

Otros:

- Telas (8x8 cm) con violaceína, exceptuando la seda y lana (aplicación a priori de proceso de padding)

*** Es importante siempre usar guantes y mascarilla cuando se manipula soda cáustica, ya que es dañino inhalarla y puede quemar la piel.**

PRINCIPALES HALLAZGOS

La soda caustica fue muy fuerte, ya que efectivamente mato bacteria, degradando la violaceína. La única muestra que resistió fue la prelavada en nylon.

C4: REDUCCIÓN DE NYLON CON HIDROSULFITO



DESCRIPCIÓN

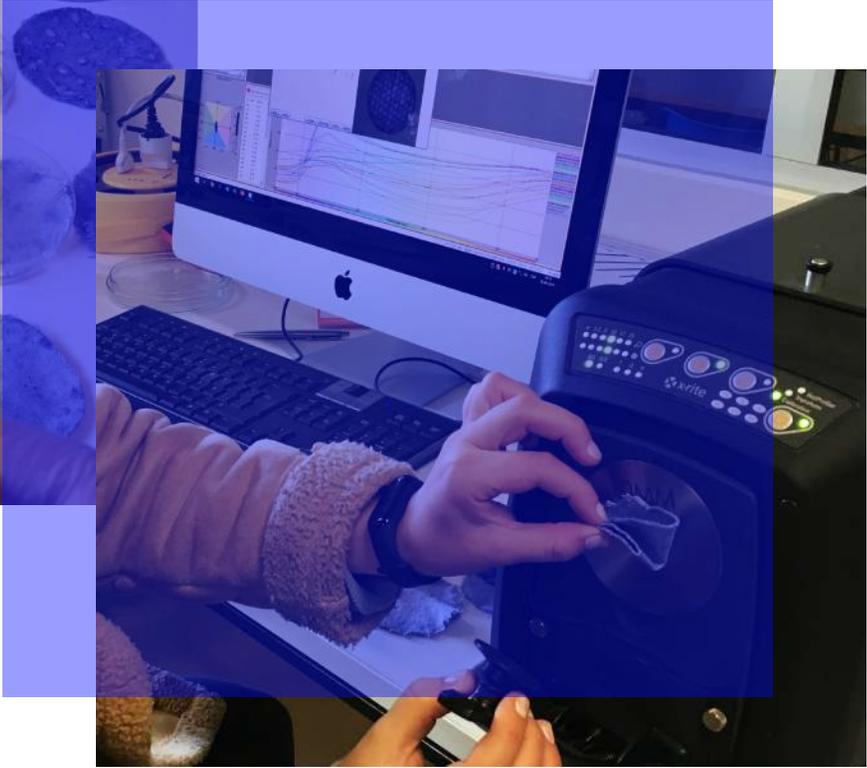
Tras ver que el nylon fue la tela que mejor funcionó con el proceso de reducción, se procedió a realizar cuatro muestras. Se realizaron 2 capas (10 mL biofilm) de padding y luego se colocó en un baño de reducción.

MATERIALES Y EQUIPAMIENTO

Reducción:
- Hidrosulfito de sodio (1.5 g)
- Sal: 15 mL del 10% de solución
- Suficiente agua para un volúmen total de 500 mL
Otros:
- Tela nylon (8x8 cm) con violaceína (aplicación apriori de proceso de padding)

PRINCIPALES HALLAZGOS

Al replicar el mismo proceso con 4 muestras de tela de 8x8 cm de nylon, se puede ver la replicabilidad del color en base a un mismo proceso.



04 Medición

4.1 MEDICIÓN DEL COLOR

Para la medición del color se usó la espectrofotometría para describir el color y analizar los efectos de los parámetros de coloración. Asimismo, se usó un colorímetro ColorReaderPro de la empresa Data Color) para verificar la semejanza con el espectrofotómetro.

Para medir la colorimetría se utilizó un espectrofotómetro X-rite Ci. 7600, usando luz D65. El espectrofotómetro es una máquina que mide la intensidad de la luz reflejada (energía descrita por su longitud de onda) en un material (Billmeyer & Saltzman, 2000). La colorimetría se mide en función de tres variables, para la medición precisa del color. Estas variables son conocidas como coordenadas o valores triestímulo. Por medio de este dispositivo se obtuvo la información de la reflectancia en las coordenadas CIELAB (L^* , a^* y b^*).

Con estos datos se pudo identificar los siguientes factores:

L: luminosidad (colores claros son cifras más altas que los colores oscuros). El brillo es la impresión visual de la luminosidad de un objeto, donde el objeto no blanco se compara con una serie de grises que van del negro al blanco. De esta manera se puede referir la luminosidad del color de acuerdo a la cantidad de negro o blanco que posea, o más claro u oscuro (Billmeyer & Saltzman).

a: coordenadas rojo verde (+a indica rojo, a- indica verde)

b: coordenadas amarillo/azul (+b indica amarillo, -b indica azul)

También, se realizó una curva de reflectancia en las muestras teñidas. La reflectancia es la relación del espectro de luz con la luz que reflejan las muestras (Saltzman, 2000).

MÉTODO

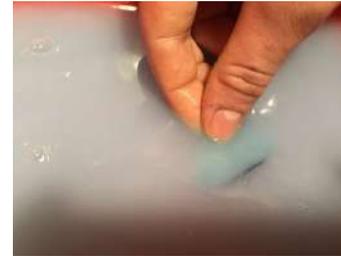
El ensayo consistió en colocar la muestra de tela en el **espectrofotómetro** para que se proyectara la luz en ella. Cada muestra se dispuso por su superficie delantera y se midió en cuatro partes distintas de la superficie de acuerdo a la norma (AATCC. Procedure Instrumental Color Measurement).

RESISTENCIA AL LAVADO

Esta prueba fue realizada para medir la resistencia de las muestras al agua. Se utilizó agua destilada para realizar las pruebas (para evitar la composición de otros minerales) a una temperatura ambiente [AATCC. Procedure Instrumental Color Measurement].



Uso de jabón no iónico



Lavado a mano por 1 minuto con agua destilada



Enjuagar con agua limpia y dejar secar

RESISTENCIA AL FROTE

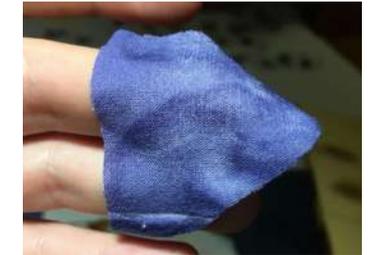
Esta prueba fue realizada para medir la resistencia de las muestras al frote. Se utilizó una tela blanca (de algodón) para frotar la muestra. Se realizaron 100 pasadas de frote para ver si se traspasaba el colorante bajo condiciones controladas [AATCC. Procedure Instrumental Color Measurement].



Uso de tela de algodón



Frotar (100 pasadas)



Observar si frote descoloró la tela

RESULTADOS TEÑIDO POR CRECIMIENTO

LUMINOSIDAD

Color más oscuro



Lino
Método 2 colonias

Color más claro



Nylon
Método 4 colonias

COMPARACIÓN DE MÉTODOS

**1) Crecimiento en formato Petris
(Comparación de 2 colonias vs. 4 colonias)**

Color más oscuro: nylon (método 4 colonias)

Color más claro: lino (método 2 colonias)

**2) Crecimiento en formato Frascos
(Comparación de con tensión y sin tensión)**

Color más oscuro: nylon (sin tensión)

Color más claro: seda (sin tensión)

Dentro de los experimentos, se puede evidenciar que el lino obtuvo el color más claro (método de 2 colonias) de todos los experimentos y por otra parte, el nylon obtuvo el color más oscuro de todos los experimentos (utilizando el método de 4 colonias). De igual forma, el nylon obtuvo el color más oscuro en ambos formatos (Petri y frascos).

100

RESISTENCIA

ORDEN DE MEJOR A PEOR RESISTENCIA

Resistencia al Lavado:

Lino, viscosa, seda, lana, algodón, nylon



MEJOR RESULTADO
Lino

Resistencia al Frote:

Viscosa, lana, seda, algodón, lino, nylon



MEJOR RESULTADO
Viscosa

Respecto a la resistencia, si bien el nylon fue la fibra que evidenció el color más oscuro, frente a la resistencia del lavado y el frote, fue el que peor reaccionó. Por otra parte, el lino tuvo la mejor resistencia al lavado, pero una mala respuesta ante el frote.

VER ANEXO 1 Y 2: GRÁFICO CURVA DE REFLECTANCIA Y COLORIMETRÍA

RESULTADOS PADDING

LUMINOSIDAD

Color más oscuro



Nylon

Color más claro



Viscosa

COMPARACIÓN RESULTADOS

Lino:
L: 58.17

Lana:
L: 55.78

Algodón:
L: 59.35

Seda:
L: 50.33

Nylon:
L: 35.63

Viscosa:
L: 60.99

Si se compara el color más oscuro y claro que se obtiene en el método del padding se observa que el nylon tiene una gran diferencia en comparación a las otras telas, en cuanto a la oscuridad de su color. Por otra parte, el algodón, la viscosa y el lino, tienen valores parecidos, por lo que los tres tienen colores más claros.

RESISTENCIA

ORDEN DE MEJOR A PEOR RESISTENCIA

Resistencia al Lavado:

Seda, algodón, lino, nylon, viscosa, lana



MEJOR RESULTADO
Seda

Resistencia al Frote:

Lana, algodón, lino, seda, nylon, viscosa



MEJOR RESULTADO
Lana

La tela que tuvo una respuesta equitativa tanto para el lavado como el frote, fue el algodón y el lino, mientras que la seda tuvo una excelente respuesta ante el lavado y una mala hacia el frote. Al contrario de esta, la lana tuvo una mala respuesta ante el lavado y una buena ante el frote.

VER ANEXO 1 Y 2: GRÁFICO CURVA DE REFLECTANCIA Y COLORIMETRÍA

RESULTADOS REDUCCIÓN

LUMINOSIDAD

Color más oscuro



Nylon

Color más claro



Lino

COMPARACIÓN RESULTADOS

1) Reducción con hidrosulfito:

Color más oscuro: 43.44 nylon sin lavado previo

Color más claro: 79.55 lino con lavado previo

2) Reducción con soda caústica:

Color más oscuro: 52.09 nylon con lavado previo

Color más claro: 87.46 viscosa con lavado previo

Si se compara el color más oscuro y claro de la reducción con hidrosulfito y se compara con color más oscuro y claro de la reducción con soda caústica, se afirma que existe una mayor gama de colores oscuros y luminosos en el método de reducción con hidrosulfito. Si bien la diferencia no es significativamente grande, este método permitiría generar colores con un rango más grande de luminosidad. Por otra parte, los colores más oscuros se reportan en el método de reducción con hidrosulfito sin lavado previo. En paralelo a esto, el lavado previo no afectó de la manera que se estimaba, ya que se pensaba que con el lavado previo se conseguirían colores más oscuros (debido a que la tela tendría menos grasa, por ende una mayor retención de colorante). Así, se evidenció que los colores más claros provinieron de telas previamente lavadas, contradiciendo la hipótesis inicial.

RESISTENCIA

ORDEN DE MEJOR A PEOR RESISTENCIA

Resistencia al Lavado:

Nylon, Viscosa, Lino, Algodón



MEJOR RESULTADO
Nylon

Resistencia al Frote:

Nylon, Viscosa, Lino, Algodón



MEJOR RESULTADO
Nylon

Las pruebas de resistencia mostraron resultados idénticos para el lavado como el frote, donde el nylon es el que mejor se comportó, mientras que el algodón no tuvo la misma tolerancia.

VER ANEXO 1 Y 2: GRÁFICO CURVA DE REFLECTANCIA Y COLORIMETRÍA

4.2 ANÁLISIS PARÁMETROS

CRECIMIENTO

Cantidad de colonias:

Se realizaron dos sets de experimentos, unos donde se colocaban 2 colonias, mientras que el otro tenía 4 colonias en cada placa petri. Si bien existieron resultados que mostraron mejores calidades de color tanto en una como la otra, no se tiene la información suficiente para afirmar que una funcionaba mejor que la otra.

Tensión:

La tensión en los experimentos realizados en el set de frascos mostró que si se mantienen las fibras a una tensión donde entran en contacto con el biofilm durante su crecimiento, es posible la coloración. Asimismo, la homogeneidad del color es un resultado que se obtiene producto de la tensión, por lo que es importante señalarla como parte de la construcción de configuraciones estéticas.

PADDING

Cantidad de capas:

Para el proceso del padding se compararon fibras las cuales todas tenían una capa de colorante. Esto permitió contrastar como una capa se evidenciaba en cada tela, mostrando que el proceso suitaba de mejor forma a ciertas telas, como lo era en el caso del nylon.

REDUCCIÓN

Prelavado:

Si bien se pensó que este parámetro iba a afectar los resultados, en realidad no generó ninguna diferencia substancial ni significativa.

Agente reductor:

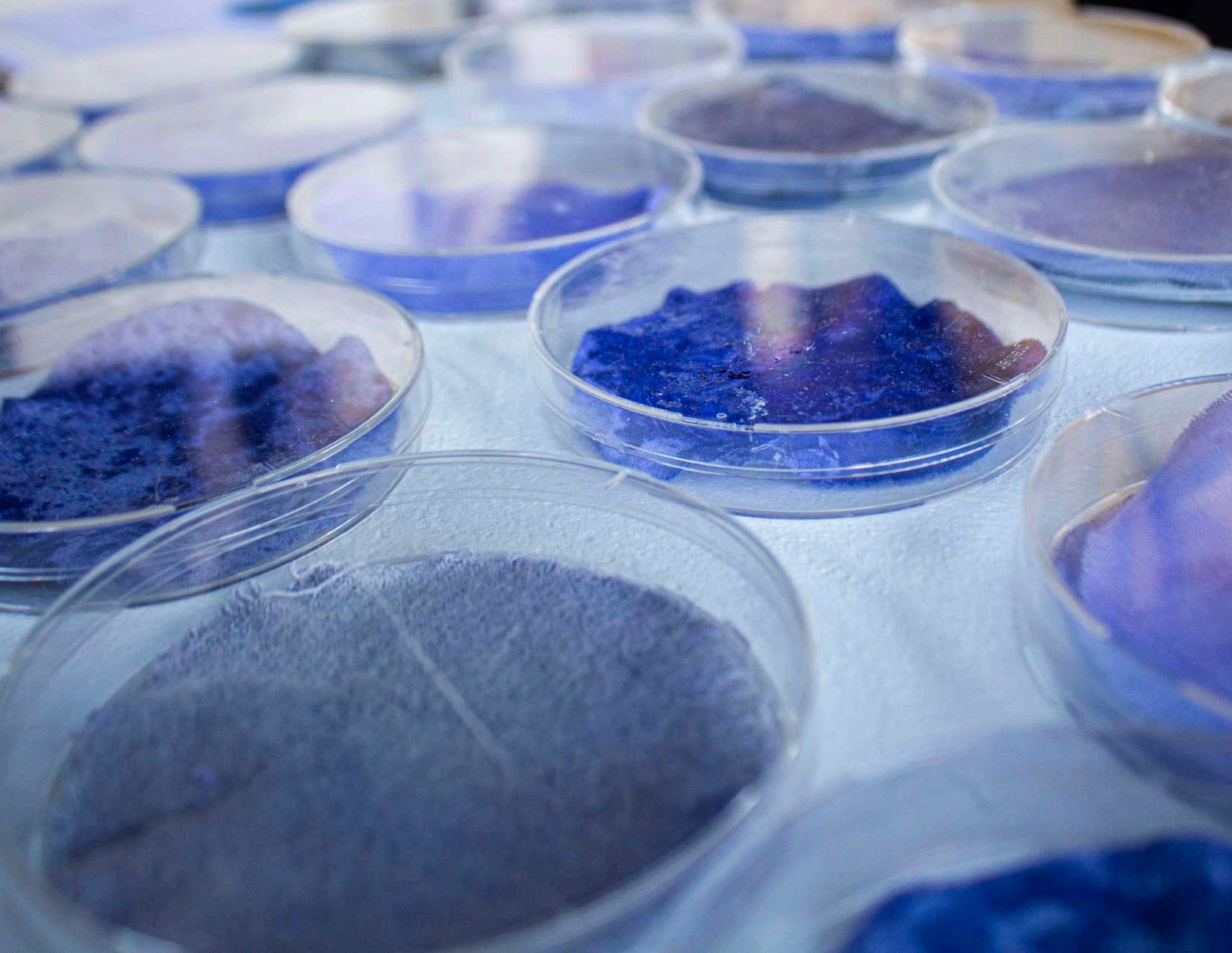
Para la reducción, ninguno de los dos agentes reductores logró crear un efecto adecuado en todas las fibras. Sin embargo, el hidrosulfito logró un mejor resultado por sí solo, mientras que el experimento con soda cáustica fue muy fuerte, matando la bacteria y degradando el color obtenido.

CONCLUSIÓN

Las observaciones que se han podido realizar durante la experimentación con la violaceína durante el transcurso de un año consecutivo han arrojado resultados que dan nuevas opciones en el campo del diseño textil. Las cualidades que hacen de esta bacteria una herramienta beneficiosa en el campo del teñido textil son las siguientes. Se puede realizar una amplia gama de tonalidades a partir de un color, tan solo cambiando un par de variables en un mismo tipo de experimento, en especial, los de coloración por crecimiento. Respecto a eso, se evidenció como influía particularmente la tensión, ya que la tensión generaba colores más homogéneos. Sin embargo, el experimento que otorgó el resultado mejor controlado, fue el padding. Por otra parte, la violaceína misma aporta en la generación de diferentes configuraciones textiles por su estructura, siendo cada muestra diferente y única, lo cual se ve específicamente en el padding y crecimiento. Si bien el proceso de reducción contemplaba mejores resultados, se sostiene que este método sí podría funcionar con la correcta elección de agentes reductores. Finalmente, debido a que su capacidad como colorante es muy valiosa, la violaceína promete grandes oportunidades para la nueva generación de colorantes.

La espontánea producción de este color sobre diversas telas puede ser uno de los aspectos más interesantes para un diseñador ya que el colorido no es parejo y se pueden obtener rangos del color. Las posibilidades de un trabajo interdisciplinario en que diseñadores interactúen con biólogos ha producido una relación fructífera ayudando a obtener resultados indicadores de las posibles aplicaciones futuras en un mercado donde las personas exigen soluciones amigables con el medio ambiente. Se puede pensar que si esta interacción se expande, se podría incluir equipos donde tecnólogos médicos e ingenieros podrían aumentar capacidades en el campo de la innovación utilizando esta bacteria en múltiples productos del área de la salud y del comercio. Se establecieron relaciones positivas y recíprocas que nutrieron tanto el campo de la ciencia como el de el diseño aproximando hallazgos con la rigurosidad requerida y pensando en futuras aplicaciones.



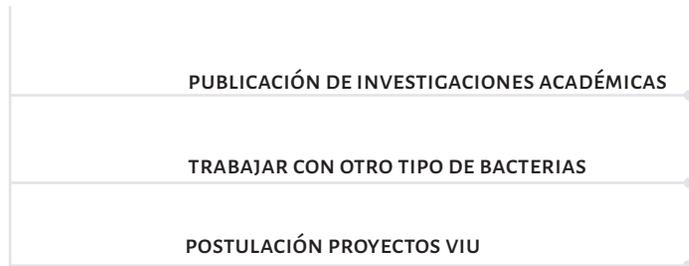


05

Proyecciones

5.1 PROYECCIONES

Las proyecciones estipuladas se han conversado y discutido con los integrantes del Laboratorio. Las proyecciones planteadas consisten en la publicación de investigaciones académicas, el trabajo posterior con otras bacterias en conjunto con la Universidad de los Lagos y la futura proyección de este colorante como producto a través de la postulación de los proyectos VIU.



PUBLICACIÓN DE INVESTIGACIONES ACADÉMICAS

POSIBLES TEMÁTICAS POR ABORDAR

En base a los tres métodos realizados, quedan aún pendientes más posibilidades de explorar la experimentación con colorantes de origen bacteriano, como la violaceína. Se plantea que en base a esta investigación se pueden desprender otras investigaciones.

CONTROLAR CRECIMIENTO EN TORNO A LA CONFIGURACIÓN TEXTIL

El método de coloración por crecimiento exploró el crecimiento tanto con colonias como pre-inóculo en formatos Petri como formatos más grandes. Se generaron diseños homogéneos al igual que diferentes configuraciones textiles. La hipótesis planteaba la adherencia de la violaceína a la fibra a partir del biofilm, lo que fue corroborado a través de los experimentos. Si bien se lograron crear configuraciones con este método, una de las experimentaciones que no resultó de forma adecuada fue la creación de configuraciones controladas. Si bien el experimento no salió de la forma esperada, esto sitúa una nueva oportunidad para explorar la forma de controlar las configuraciones en las telas con el crecimiento de la bacteria y hasta que punto la bacteria y su producción de violaceína son manipulables en este proceso.

OPCIONES SUSTENTABLES PARA EL PROCESO DE REDUCCIÓN

La tercera oportunidad yace en el tercer método, el proceso de reducción. Al identificar y comparar que la molécula de la violaceína era parecida al tinte de tina que es el índigo, esto plantea una oportunidad para realizar un proceso de fijación. Si bien se experimentó con métodos conocidos y validados previamente, se plantea la idea de explorar este mismo proceso de reducción y oxidación pero utilizando agentes reductores sustentables, tales como la glucosa u otras fuentes de glucosa como cáscaras o desechos.

EXPLORACIÓN DEL BIOFILM EN OTRAS ESTRUCTURAS FLEXIBLES

En base al segundo método, el cual es el padding, se evidenció un gran potencial en base al biofilm de la violaceína. En esta instancia se observó que el biofilm contiene diversas características que lo hacen único e inigualable. Es así como una de las características que tenía era su forma estructural, la cual esta compuesta por diferentes formas y texturas. Si bien se creó un traspaso de esta estructura y sus diversas formas y texturas, fue difícil al momento de extraerla por lo que esto plantea una oportunidad para ver la manera de extraer el biofilm, sin dañar la estructura en sí. De esta manera, se plantea el objetivo de traspasar la identidad del biofilm a otras estructuras (no necesariamente textiles), visibilizando y caracterizando su potencial estético.

POSIBLES REVISTAS A LAS CUALES SE PUEDE
POSTULAR CON ESTA INVESTIGACIÓN ACADÉMICA:

**International Journal of Clothing Science
and Technology**

- Manipulación automática de la tela.
- Gestión de inventario de color.
- Diseño y fabricación asistida por ordenador.
- Pruebas de tejido y capacidades
- Fabricación y diseño de prendas.
- Problemas de calidad
- Los robots
- Máquinas de coser

**The international journal of colorants,
polymers and colour applications**

- Síntesis, caracterización de colorantes y polímeros.
- Diseño, caracterización y aplicación de formulaciones de tintas y recubrimientos.
- Aplicaciones no colorantes de colorantes, polímeros, tintas y recubrimientos.
- Reducción de los impactos ambientales de los colorantes, polímeros, tintas y recubrimientos.

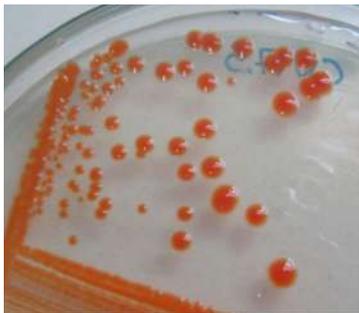
**Journal of Engineering, Design and
Technology**

Cobertura

- Estrategias de diseño
- Usabilidad y adaptabilidad.
- Rendimiento de materiales, componentes y sistemas.
- Control de procesos
- Alternativas y nuevas tecnologías.
- Cuestiones organizativas, de gestión e investigación.
- Factores humanos
- Cuestiones medioambientales, de calidad y de salud y seguridad.

COLABORACIÓN UNIVERSIDAD DE LOS LAGOS

Se crearon instancias de retroalimentación y colaboración en el laboratorio de Mario Tello. Uno de los agentes externos del laboratorio es Alex Gonzalez, biólogo de la Universidad de los Lagos en Osorno. Se tiene el interés de trabajar en conjunto con Alex y explorar el potencial que pudiesen tener las bacterias que posee en su laboratorio, debido a que estas también producen colorantes. Sus bacterias también fueron aisladas en territorio chileno, particularmente en la Antártica chilena.



[Imagen 21] Estudio de bacterias en Universidad de los Lagos [Dr. Alex González, biotecnólogo de la Universidad de los Lagos]. Recuperado de Programa Explora.

[Imagen 19 y 20] Bacterias pertenecientes a Alex González, biólogo de la Universidad de los Lagos.

POSTULACIÓN PROYECTO VIU

Si bien este proyecto no contempló como objetivo idear formas de cultivo con la violaceína, en una de las instancias se realizó un cultivo propio. La violaceína creció de manera óptima en este medio de cultivo, por lo que abarata costos de medios y prueba tener potencial en un futuro. Este medio se realizó en casa, y se esterilizó posteriormente en una olla a presión. De esta manera, se plantea que en base a este descubrimiento, se pueda generar un producto en conjunto con los integrantes del laboratorio. De esta manera, se podría postular a los proyectos VIU, en donde se dividiría la responsabilidad proyectual y monetaria con la USACH y la UC.

Si bien se plantea rediseñar la etapa del cultivo en base a los descubrimientos de esta etapa, el enfoque de igual forma se centraría en la creación de prendas y las diferentes configuraciones textiles que promete la violaceína. De esta manera, se contempla explorar la violaceína, pero ampliar las oportunidades hacia las personas. Por otro lado se deben resolver ciertos factores en cuanto a la higiene, esterilización y otros factores determinantes para la industria.

A continuación se plantea el concepto detrás de esta proyección que tiene como propósito mostrar las configuraciones, su futuro potencial y la estética atractiva que contiene.



[Imagen 22] Imagen de la receta artesanal que fue óptima en la realización del cultivo de la violaceína. Elaboración propia.



[Imagen 23,24,25,26] Concepto de producto proyectual.
Elaboración propia.

VIO

VIO



06

**Referencias
y Anexos**

6.1 REFERENCIAS

Koksal, Gulser; Smith Jr., W. A. . C. B. S. (1992). *A System Analysis of Textile Operations* (10th ed.).

Archroma. (2017). Retrieved from <https://www.archroma.com/press/releases/archromas-earthcolors-selected-in-patagonias-newest-clean-color-collection>

Abbema, J. V. (2009). *Symbiosis*. Retrieved from <https://www.dezeen.com/2009/10/27/symbiosis-by-jelte-van-abbema/>

Ahmad, W.-A., Ahmad, W. Y. W., Zakaria, Z. A., & Yusof, N. Z. (2012). Application of Bacterial Pigments as Colorant (pp. 57–74). https://doi.org/10.1007/978-3-642-24520-6_4

Al-mohanna, M. T. (2016). Bacterial introduction, 9(34). Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/315948104_Bacterial_introduction/stats

Archroma. (2019). *Coloración*. Retrieved February 7, 2019, from <https://www.archroma.com/solutions/coloration-denim-casual-wear>

Aspland, J. R. (1993, October). Pigments as Textile Colorants: Pigmenting or Pigmentation. *A Series on Dyeing*, 31–37.

Berns, R. S., Billmeyer, F. W., Saltzman, M., & Billmeyer, F. W. (2000). *Billmeyer and Saltzman's principles of color technology*. Wiley.

Chieza, N. A., & Ward, J. (2015). Design in the Age of Living Technology. In *21st century makers and materialities*. Cambridge, UK. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.1327971>

Choi, S. Y., Yoon, K., Lee, J. Il, & Mitchell, R. J. (2015). *Viola-cein: Properties and Production of a Versatile Bacterial Pigment*. *BioMed Research International*, 2015, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2015/465056>

Cleaning up the Fashion Industry. (2012).

CNN. (2018). The future of fashion? Stunning textiles dyed with bacteria. Retrieved from <https://edition.cnn.com/style/article/nat-sai-audrey-chieza-bacteria-dye-smart-creativity/index.html>

Durán, M., Ponezi, A. N., Faljoni-Alario, A., Teixeira, M. F. F., Justo, G. Z., & Durán, N. (2011). Potential applications of violacein. *Medicinal Chemistry Research*, 21(7), 1524–1532.

Ecuomo. (2018). *Biodiseño posible futuro de la moda sostenible*. Retrieved April 10, 2019, from <https://actualidad.ecuomocom/2018/03/27/biodiseno-posible-futuro-de-la-moda-sostenible/>

Faber Futures. (2018). Retrieved from <https://faberfutures.com/projects/the-ginkgo-creative-residency/>

Fashionary. (2016). *Fashionpedia*. (Fashionary International Limited, Ed.). Kowloon, Hong Kong. Retrieved from <https://www.bookdepository.com/Fashionpedia-FASHIONARY/9789881354761>

Fidel Lockuán. (2012). *La industria textil y su control de calidad*. Issuu. Retrieved from https://issuu.com/fidel_lockuan/docs/i_la_industria_textil_y_su_control_de_calidad

Fletcher, K. (2008). *Sustainable fashion and textiles design journeys*. Earthscan.

Fletcher, K., Hawken, P., & Grose, L. (2012). *Gestionar la sostenibilidad en la moda : diseñar para cambiar : materiales, procesos, distribución, consumo*. Blume.

Gardens by the bay. (n.d.). Retrieved from <https://www.gardensbythebay.com.sg/en/attractions/supertree-grove-ocbc-skyway/facts-and-figures.html>

Glomb, E., Weber, R. (2014). *Blond and Bieber - ALGAEMY*. Re-

trieved from <https://www.blondandbieber.com/algaemy>
Gürses, A., Açıkıldız, M., Güneş, K., & Gürses, M. S. (2016). *Dyes and Pigments*. Cham: Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-33892-7>

Hamdaoui, M., Turki, S., Romdhani, Z., & Halaoua, S. (2013). Effect of reactive dye mixtures on exhaustion values. *Indian Journal of Fibre & Textile Research* (Vol. 38). Retrieved from http://nopr.niscair.res.in/bitstream/123456789/24985/1/IJFTR_38%284%29_405-409.pdf

Hunger, K. (2003). *Industrial Dyes: Chemistry, Properties, Applications*. Frankfurt. Retrieved from <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.674.8611&rep=rep1&type=pdf>

Inostroza, B. (2017). Intervención de diseño en procesos productivos de la industria artesanal: artesanía de tejido en crin.

Jayabalan, R., Malbaša, R. V., Lončar, E. S., Vitas, J. S., & Sathishkumar, M. (2014). A Review on Kombucha Tea-Microbiology, Composition, Fermentation, Beneficial Effects, Toxicity, and Tea Fungus. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13(4), 538–540. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12073>

Kanelli, M., Mandic, M., Kalakona, M., Vasilakos, S., Kekos, D., Nikodinovic-Runic, J., & Topakas, E. (2018). Microbial Production of Violacein and Process Optimization for Dyeing Polyamide Fabrics With Acquired Antimicrobial Properties. *Frontiers in Microbiology*, 9(1495), 1–13. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.01495>

Kedron, T. (2019). Cultures of Sustainability in the Fashion Industry. *Fashion Theory*. <https://doi.org/10.1080/1362704X.2018.1532737>

KeyColour. (n.d.). Advantages and Disadvantages of Natural Dyes. Retrieved from <http://www.keycolour.net/blog/advantages-disadvantages-natural-dyes/>

Kramar, A., Ilic-Tomic, T., Petkovic, M., Radulović, N., Kostic, M., Jovic, D., & Nikodinovic-Runic, J. (2014). Crude bacterial extracts of two new *Streptomyces* sp. isolates as bio-colorants for textile

dyeing. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 30(8), 2231–2240. <https://doi.org/10.1007/s11274-014-1644-x>

Krishna, J. G., Muthusamy, C., & Basheer, S. (2011). Prodigiosin from Marine Bacterium: Production, Characterization and Application as Dye in Textile Industry. *International Journal of Biotechnology and Biochemistry*, 7(1), 155–191.

Kulandaisamy Venil, C., Ainuddin Bin Wahidin, M., Arul Aruldass, C., & Azlina Ahmad, W. (2017). Production of bacterial pigments in low cost medium and formulation of biodegradable ink. *Indian Journal of Experimental Biology*, 55, 441–447. Retrieved from http://nopr.niscair.res.in/bitstream/123456789/42351/1/IJEB_55%287%29_441-447.pdf

Kumar, A., Shankar Vishwakarma, H., Singh, J., & Kumar, M. (n.d.). MICROBIAL PIGMENTS: PRODUCTION AND THEIR APPLICATIONS IN VARIOUS INDUSTRIES. *IJPCBS*, 2015(1), 203–212. Retrieved from <http://www.ijpcbs.com/files/volume5-1-2015/24.pdf>

Lacasse, K. (Katia), & Baumann, W. (Werner). (2004). *Textile chemicals : environmental data and facts*. Springer. Retrieved from https://books.google.cl/books?id=7RH2CAAQBA-J&pg=PA555&lpg=PA555&dq=most+of+conventional+colorants+have+an+exhaustion+rate+of+80%25&source=bl&ots=yXop1rUXYO&sig=ACfU3U3ZQxzREBmeifAXijriA_Bk79X5W-g&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiExOjy2-niAhXh1bkGHW2JAE-EQ6AEWAHoECAg

Lockuán, F. (2012). La industria textil y su control de calidad. Tintoreria. Retrieved April 16, 2019, from https://books.google.cl/books?id=6yjBvmYZrTsC&pg=PA88&lpg=PA88&dq=colorante+pre+metalizado&source=bl&ots=XyNkyWzNHa&sig=ACfU3U06uG7ehs8Z4p258iLJNNscYYGIDw&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwj8nOLFwe_iAhV3LLkGHQeuCykQ6AEWD3oECAkQA-Q#v=onepage&q=colorante+pre+metaliz

Luchtman, L., & Siebenhaar, I. (2016). *Kukka: Color vivo*. Retrieved October 7, 2018, from <https://www.kukka.nl/en/portfolio/>

living-colour/

Martínez, I. (2017). Desarrollo de un método de coloración de la fibra de mimbre blanco con colorante Reactivo. Universidad de Chile.

Melgarejo, P. (2017). Biofabricación y la revolución de la Economía Circular. Retrieved February 3, 2019, from <https://noticiaspositivas.org/biofabricacion-la-revolucion-de-la-economia-circular/>

Mock, G. N. (2002). *Fundamentals of Dyeing and Printing*.

Myers, W. (2018). *Biodesign : Nature + Science + Creativity*. London: Thames & Hudson Ltd.

Navin, V., & Radha, T. (2015). PRODUCTION OF EXTRACELLULAR PIGMENT FROM MICROBES AND ITS APPLICATION. *International Journal on Applied Bioengineering*, 9(2), 1–7. Retrieved from <http://journals-sathyabama.com/archives/upload/vol9-no2-july2015-int-bio-4.pdf>

Nerurkar, M., Vaidyanathan, J., Adivarekar, R., & Bhatena Langdana, Z. (n.d.). USE OF A NATURAL DYE FROM *SERRATIA MARCESCENS* SUBSPECIES *MARCESCENS* IN DYEING OF TEXTILE FABRICS. *Oct. Jour. Env. Res*, 1(2), 129–135. Retrieved from <http://www.sciencebeingjournal.com/sites/default/files/Use of a Natural Dye from Serratia Marcescens.pdf>

Pantanella, F., Berlutti, F., Passariello, C., Sarli, S., Morea, C., & Schippa, S. (2006). Violacein and biofilm production in *Janthinobacterium lividum*. *Journal of Applied Microbiology*, 0(0), 061120055200056-??? <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2006.03155.x>

Parisi, S., Spallazzo, D., Ferraro, V., Ferrara, M., Ceconello, M. A., Garcia, C. A., & Rognoli, V. (2018). Mapping ICS Materials: Interactive, Connected, and Smart Materials (pp. 739–744). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-73888-8_114

Sánchez, M. (2018). La próxima frontera: Biodiseño.

Shivaji, S., Ray, M. K., Kumar, G. S., Reddy, G. S. N., Saisree, L., & Wynn-Williams, D. D. (1991). Identification of *Janthinobacterium lividum* from the soils of the islands of Scotia Ridge and from Antarctic peninsula. *Polar Biology*, 11(4), 267–271. <https://doi.org/10.1007/BF00238461>

Soffia, A., Vivanco, T., Fuentes, A., Rodriguez, S., & Federici, F. (2017). BIOFABRICACION / materiales cultivados. Santiago. Retrieved from https://issuu.com/alejandrosoffia/docs/biofabricacion_materiales_cultivado

Storey, J. (1992). *The Thames and Hudson manual of dyes and fabrics*. Thames and Hudson.

Thomas, K. (2019). Cultures of Sustainability in the Fashion Industry. *Fashion Theory*, 1–28. <https://doi.org/10.1080/1362704X.2018.1532737>

Usman, H. M., Abdulkadir, N., Gani, M., & Maiturare, H. (2017). Bacterial Pigments and its Significance. *MedCrave*, 4(3).

Valdes, N., Soto, P., Cottet, L., Alarcon, P., Gonzalez, A., Castillo, A., ...

Tello, M. (2015). Draft genome sequence of *Janthinobacterium lividum* strain MTR reveals its mechanism of capnophilic behavior. *Standards in Genomic Sciences*, 10. <https://doi.org/10.1186/s40793-015-0104-z>

Venil, C. K., Yusof, N. Z., Aruldass, C. A., Ahmad, A., & Ahmad, W.-A. (2016). Application of violet pigment from *Chromobacterium violaceum* UTM5 in textile dyeing. *De Gruyter*, 71(2), 121–127. <https://doi.org/10.1515/biolog-2016-0031>

Venil, C. K., Aruldass, C. A., Dufossé, L., Zakaria, Z. A., & Ahmad,

W. A. (2014). Current perspective on bacterial pigments: emerging sustainable compounds with coloring and biological properties for the industry – an incisive evaluation. *RSC Advances*, 4(74),

1-7. <https://doi.org/10.1039/C4RA06162D>

Waag. (2019). BioShades. Retrieved from <https://waag.org/en/event/bioshades-workshop>

WBCSD (World Business Council for Sustainable Development). (n.d.). Life cycle thinking - Circular Economy Guide. Retrieved from <https://www.ceguide.org/Strategies-and-examples/Design/Life-cycle-thinking>

Whaley, W. M. (1984). Dyes based on safer intermediates. Raleigh.

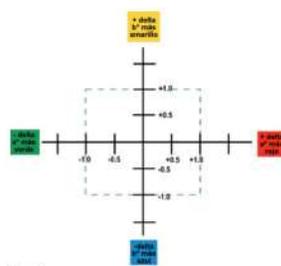
Wilson, J., & Textile Institute (Manchester, E. (2001). Handbook of textile design : principles, processes and practice. CRC Press.

Zelznan, C. (n.d.). Química y color en los textiles. (UBA, Ed.). Retrieved from <http://www.fcen.uba.ar/dov/lateral/publicaciones/libros/Libro quimica y textiles.pdf>

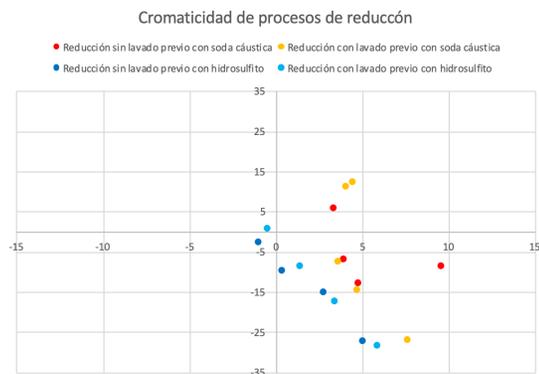
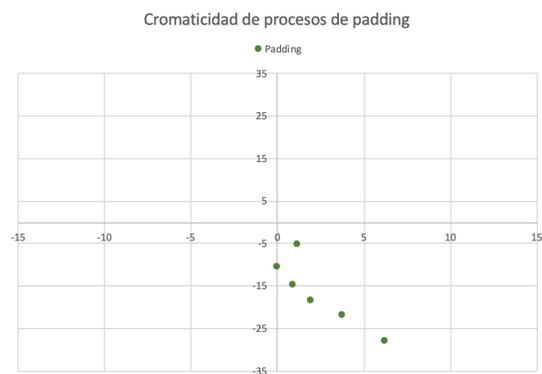
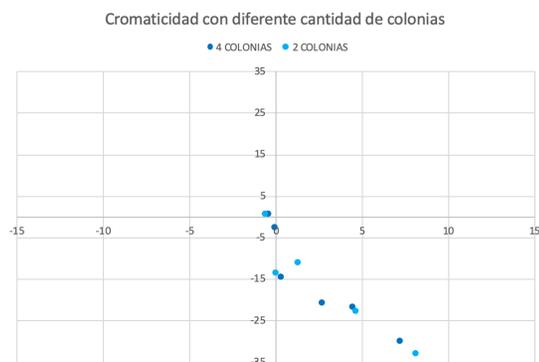
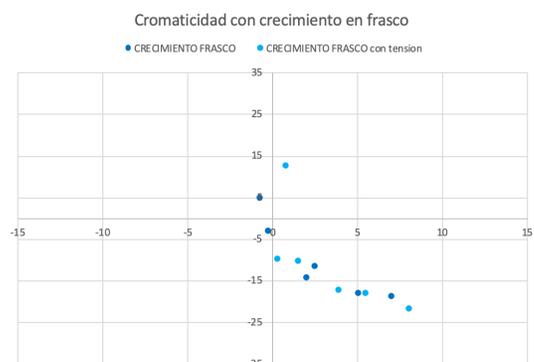
6.1 ANEXOS

1. DATOS COLORIMÉTRICOS

Los gráficos a continuación muestran el resultado de las coordenadas a y b, evidenciando una tendencia por el cuadrante entre los colores rojo y azul. Se puede relacionar directamente al objeto de estudio, debido a que la violaceína es de color azul-violeta.

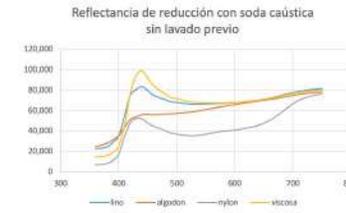
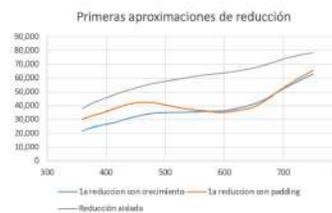
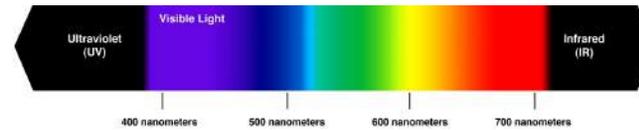


Recuperado de:
Principles of Color (2000)
Berns, Billmeyer, Saltzman,
& Billmeyer.



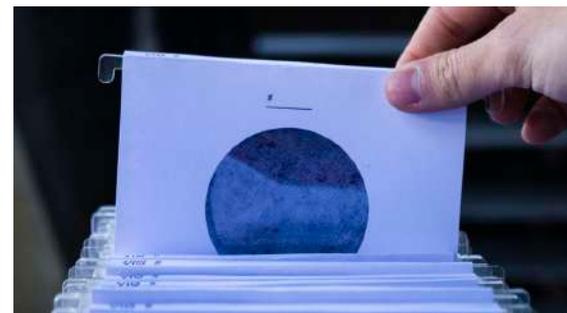
2. CURVA DE REFLECTANCIA

Los gráficos a continuación muestran la curva de reflectancia, donde el color es predominante entre los 400 y 500 nanómetros. Esto es relevante para el caso de estudio, debido a que la violaceína es justamente azul-violeta. De esta forma se pueden comprobar los rangos de luz visible en los diferentes experimentos que se llevaron a cabo.



OPEN DAY

La exposición durante el Open Day fue una instancia para ver la respuesta de las personas en torno a esta temática, específicamente a diseñadores y estudiantes de diseño, ya que los concierne. Si bien no estaba dentro de los objetivos de la investigación, fue un espacio de conversación que sirvió para ver el interés de las personas.





Tras la exposición del Open Day se pudo ver una gran curiosidad por parte de los alumnos de diseño a la convergencia con la ciencia. Surgían todo tipo de preguntas. También, se notó una curiosidad por el formato de presentación con placas petri, ya que al tiro denotaba que había algo singular de aquello y tenía una relación con la ciencia.



