

FUNGI
CRO
MIA

Desarrollo de una metodología para la extracción y aplicación de colorantes
provenientes del cultivo de un hongo de recolección local.

Memoria para optar al título de diseñadora industrial

Alumna:
Tania Pedraza Varas

Profesora:
Paola de la Sotta

Profesor asistente área biotecnología molecular:
Andrés Romero

Santiago 2021

Agradecimientos

Tengo muchos agradecimientos para todes quienes me acompañaron en algún momento de esta larga vuelta académica.

Índice

Introducción.....	6
Objetivos.....	8
Metodología de la Investigación.....	9
Capítulo I	11
Reino Fungi.....	12
Diseño y Biología.....	19
Color.....	28
Colorantes naturales y oficios.....	33
Capítulo II	47
Pre experimentación.....	48
Variables y adaptaciones caseras.....	51
Experimento 1.1 y 1.2.....	55
Experimento 2.....	73
Experimentación con materia colorante.....	83
Capítulo III	96
Registro colorimétrico.....	97
Comparación usabilidad pigmento.....	102
Fichas de registro.....	105
Capítulo IV	107
Planteamiento del proyecto.....	108
Fungicromía.....	115
Proyecciones de experimentación.....	122

Conclusiones.....	126
Bibliografía.....	128

Introducción

La presente investigación de carácter exploratorio y experimental, se guía de cuatro ejes fundamentales; Reino Fungi, Diseño y Biología, Color y Colorantes y oficios, generando a través de la revisión de antecedentes, una relación entre ellos.

El reino fungi es uno de los cinco reinos elementales de la naturaleza, sin embargo, a pesar de su amplitud y relevancia, siendo esenciales en la descomposición de materia, en la fabricación de alimentos como el pan o la elaboración de medicina, continúa hasta el día de hoy siendo una megaciencia poco estudiada. Sin embargo, el trabajo de organizaciones que trabajan en su protección, así como laboratorios de biofabricación que lo incorporan en el desarrollo de nuevas materialidades, han aportado de forma significativa a su visibilización. Precisamente, es de esta forma que se da comienzo a este proyecto, gracias a la posibilidad de participar en el laboratorio de biofabricación "BioFab", perteneciente a la Universidad Católica, en donde se realizan investigaciones y proyectos enfocados en el trabajo con organismos vivos como hongos y bacterias, así como con materiales provenientes de la naturaleza. De esta forma, a través del acceso al fungario disponible allí, se observó el comportamiento productor de colorante del micelio del hongo SA1A, estudiando metodologías para su cultivo y extracción, dando lugar a la pregunta de investigación:

¿Es posible desarrollar una metodología accesible, que a través del trabajo con el micelio del hongo SA1A, permita extraer tintes y pigmentos, generándo una paleta de color posible de utilizar en oficios artísticos?

Así, el trabajo documentado en esta investigación plantea el desarrollo de un método de trabajo que, a través del estudio de variables y factores, permita obtener colorantes naturales fúngicos de una forma accesible y factible de realizar en el hogar, siendo esto último de importancia debido al contexto y a la relevancia de desarrollar instancias transdisciplinarias que vinculen instancias creativas, emocionales y científicas.

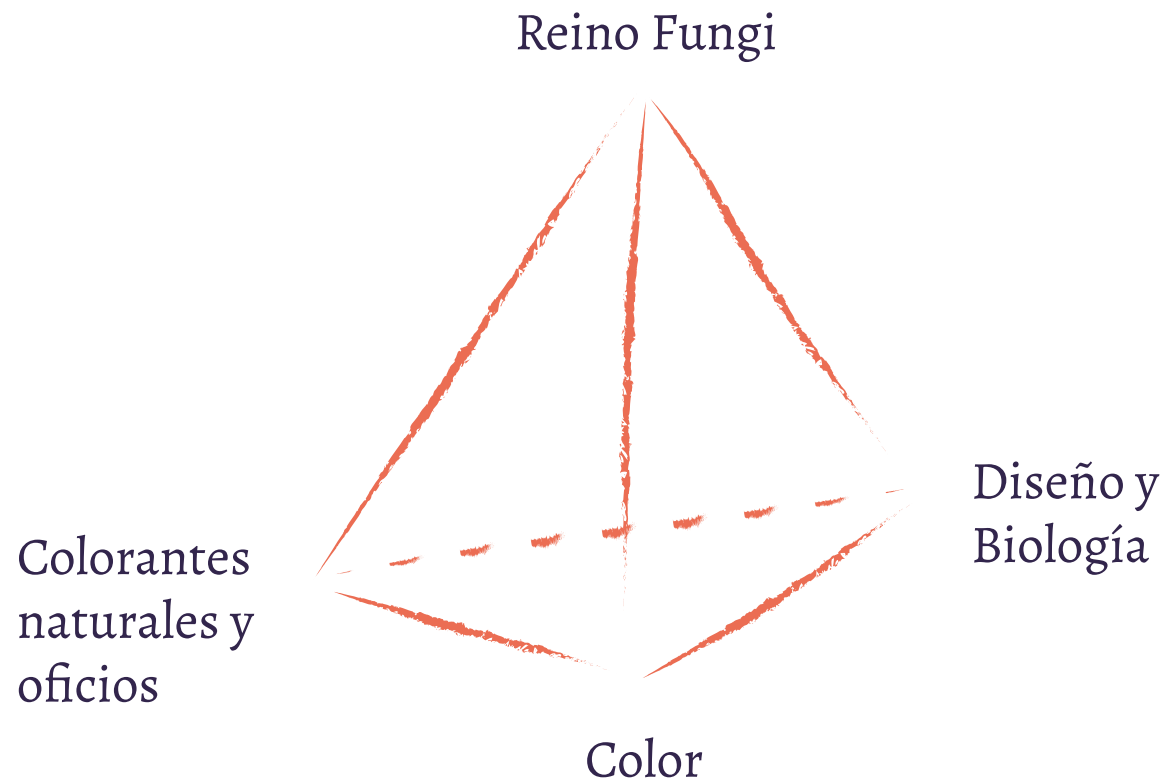


Figura 1 Tetraedro de investigación. Fuente: Elaboración propia

Pregunta de investigación

¿Es posible desarrollar una metodología accesible , que a través del trabajo con el micelio del hongo SA1A, permita extraer tintes y pigmentos, generando una paleta de color posible de utilizar en oficios artísticos?

Objetivos

General

Extraer una paleta cromática, a través de una metodología de cultivo del micelio del hongo SA1A, que permita obtener tintes y pigmentos posibles de utilizar como insumo artístico.

Específicos

1. Determinar variables a utilizar para el cultivo del micelio del hongo SA1A.
2. Identificar el rango cromático obtenido.
3. Identificar posibilidades de utilización de la paleta obtenida, proponiéndole como insumo artístico.
4. Desarrollar identidad narrativa y visual del proyecto.



Metodología de la investigación

La presente investigación es de carácter experimental y está compuesta de cuatro etapas metodológicas.

La primera etapa es investigativa y descriptiva, consistiendo en una revisión teórica de los ejes presentados en el tetraedro de investigación, siendo estos; reino fungi, diseño y biología, color y colorantes en los oficios. Esto con el objetivo de introducir los temas planteados, generar una relación entre ellos y presentar un panorama general.

De la misma forma, abarcando el objetivo específico número uno, se realiza una revisión bibliográfica, a través de la revisión de papers, artículos científicos y tesis, que permita conocer las variables para la coloración desde micelio de hongos exploradas y testeadas en otras investigaciones.

La segunda etapa es experimental y consta de dos fases, la fase I comienza con la acotación de las variables a experimentar, tomando en cuenta las posibilidades y limitaciones del contexto, para de esta forma diseñar y programar los experimentos a realizar y continúa con la realización de los experimentos y sus posteriores conclusiones.

En la fase II, con los resultados anteriores y con información levantada en la primera etapa,

se experimenta con la sustancia colorante obtenida, para definir alcances posibles de utilización de esta en oficios artísticos.

La tercera etapa desarrolla metodologías de registro.

La cuarta etapa es creativa, emotiva y proyectual, desarrollando una identidad visual asociada al proyecto así como proponiendo proyecciones para continuar el trabajo con colorantes y micelio.

Cada etapa corresponderá a un capítulo de esta memoria; Antecedentes, Experimentos, Registros y Desarrollo de propuesta y proyección.

Cabe decir que por la naturaleza experimental del proyecto, las etapas no siempre siguieron una linealidad cronológica en su desarrollo, pero sí representan las guías seguidas y son presentadas de esta forma para su lectura organizada.

Esquema metodológico

Etapa 1

INVESTIGATIVA / DESCRIPTIVA

- Revisión teórica ejes tetraedro.
- Revisión estado del arte sobre métodos de coloración biobasados.
- Revisión referentes artistas y diseñadores que trabajan con tintes y pigmentos naturales.
- Revisión bibliográfica coloración desde micelio.

Etapa 2

EXPERIMENTAL

- Fase I: Selección de variables que sean replicables en contexto actual.
- Diseño y realización de experimentos con las variables seleccionadas.
- Selección de variables con resultados de menor variabilidad.
- Fase II: Experimentación con la materia colorante obtenida.
- Estudios de formatos para su utilización en oficios artísticos

Etapa 3

REGISTROS Y EVALUACIÓN

- Realización de registro colorimétrico.
- Elaboración fichas de registro
- Comparación usabilidad del pigmento

Etapa 4

CREATIVA

- Identidad visual y narrativa del proyecto: Fungicromía
- Proyecciones creativas

Capítulo I:

Antecedentes



Reino Fungi

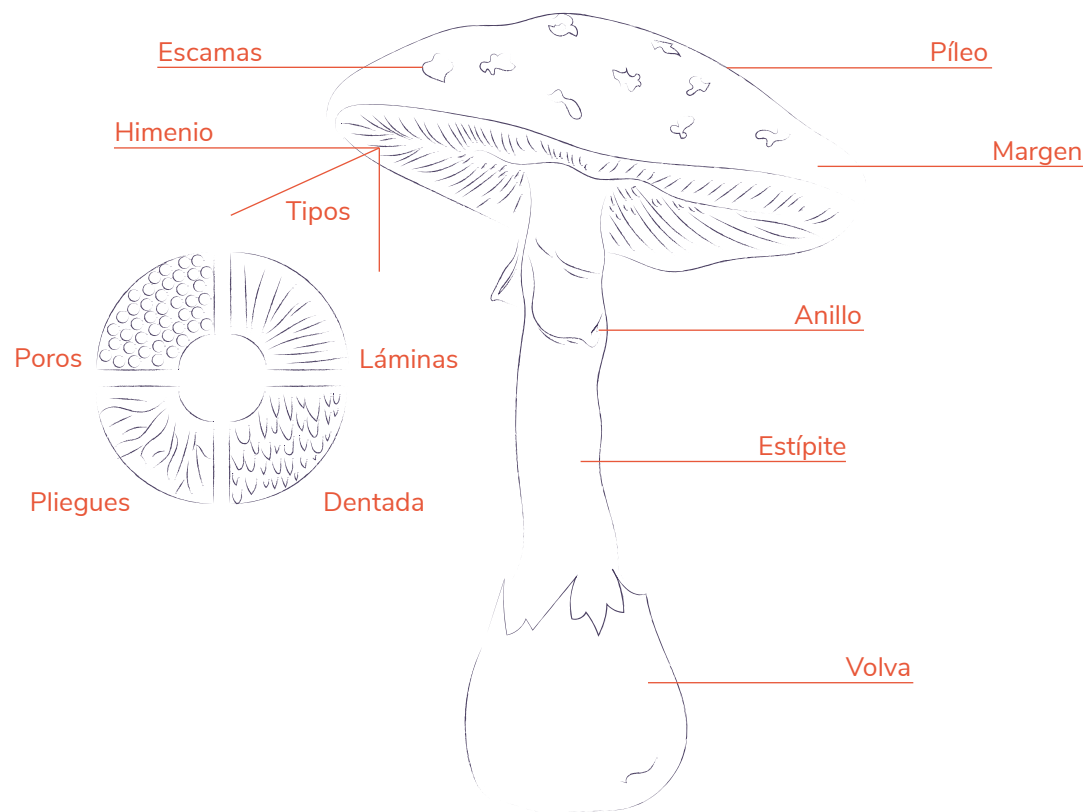


Figura2 Estructura de una seta de sombrero Fuente: Elaboración propia.

1. Reino Fungi

Los hongos forman parte de uno de los cinco reinos elementales de la naturaleza, el reino fungi, este reino comprende un gran grupo de diversos organismos unicelulares o pluricelulares. Estos son abundantes en la naturaleza estando presentes en los suelos, agua, aire e incluso nuestra piel (Furci, 2007). Se estima que existen 1,5 millones de especies en el mundo, de los cuales solo han sido descritos alrededor de 70.000 (Hawksworth,2001).

Junto con las bacterias, los hongos son los grandes descomponedores de la biosfera, por su tipo de nutrición heterótrofa y su capacidad de crecer en casi cualquier lugar. Es por esto que son de gran importancia para la transferencia de materia y energías entre los ecosistemas, al ser capaces de utilizar desechos vegetales y animales para su nutrición, liberando a su vez minerales y compuestos nitrogenados a los suelos, donde pueden ser absorbidos nuevamente por otras especies del reino vegetal y animal (Silva, Fritz, Cubillos y Díaz, , 2010), generando de esta forma relaciones simbióticas con otros organismos. Existen por otra parte gran variedad de hongos patógenos, los cuales representan las principales causas de enfermedad en el reino vegetal.

Los hongos pueden reproducirse de modo sexual y asexual, siendo la formación y liberación de esporas la más significativa (Carbajo, 2015). Estas se dispersan y germinan una vez que encuentran las condiciones favorables para su desarrollo, surgiendo de ellas una hifa que se expande y ramifica,generando interconexiones que dan lugar al **micelio**. Este puede clasificarse según su función en micelio vegetativo, si es encargado de la nutrición, y en micelio reproductivo, si su función es la de formar órganos de reproducción y multiplicación, los que conocemos como setas (Silva et al., 2010).

A pesar de su relevancia, y al gran uso que la sociedad hace del reino fungi, en la elaboración de alimentos tales como masas leudadas, medicinas,etc. este ha sido históricamente poco estudiado, siendo referido por el micólogo Peter McCoy como una “mega ciencia olvidada”. Sin embargo, y como contraste a lo anterior, existen organizaciones como “Fundación Fungi”, fundada en Chile y primera ONG en el mundo dedicada al trabajo por la difusión y protección de los hongos, así como movimientos tales como “Radical Mycology” que han logrado dar a conocer y expandir el conocimiento sobre este reino potenciando a su vez la ciencia ciudadana.



Figura3 Morcella: Hongos como alimento Fuente: Elaboración propia.

* De micología: ciencia que se dedica al estudio del reino fungi

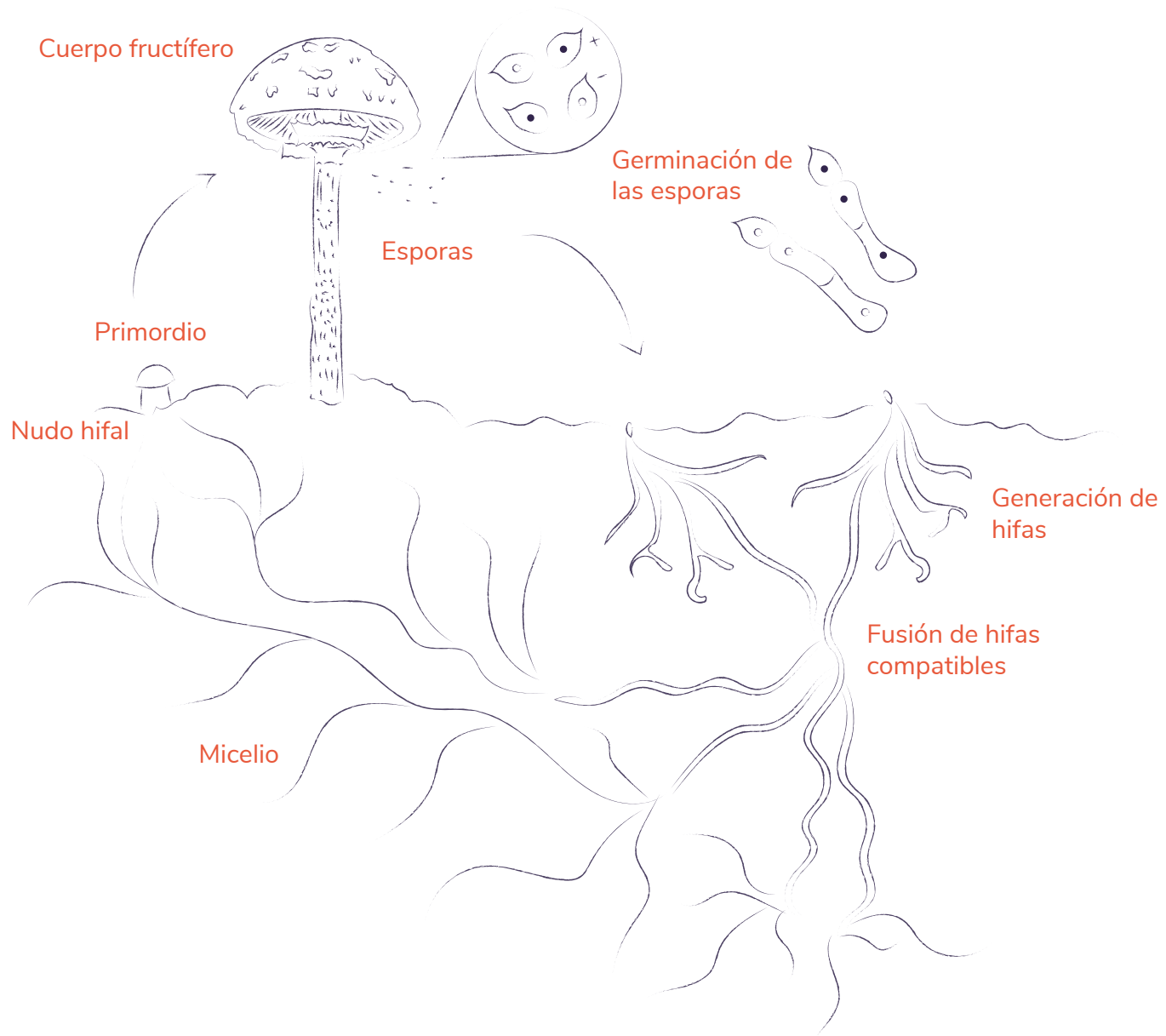


Figura 4 Ciclo vida hongo basidiomycota Fuente: Elaboración propia.

De la misma forma y dentro del área del diseño y arquitectura, el reino fungi ha tenido creciente interés, sobretodo en el diseño de materiales, generando propuestas que caben dentro de la categoría de “Grown materials” (materiales cultivados), en estos casos desarrollados mediante el estudio y propiedades del micelio, generando materiales compuestos que se constituyen de un sustrato que brinda soporte y nutrición para el hongo, el cual coloniza dicha matriz, produciendo un aglomerante natural.

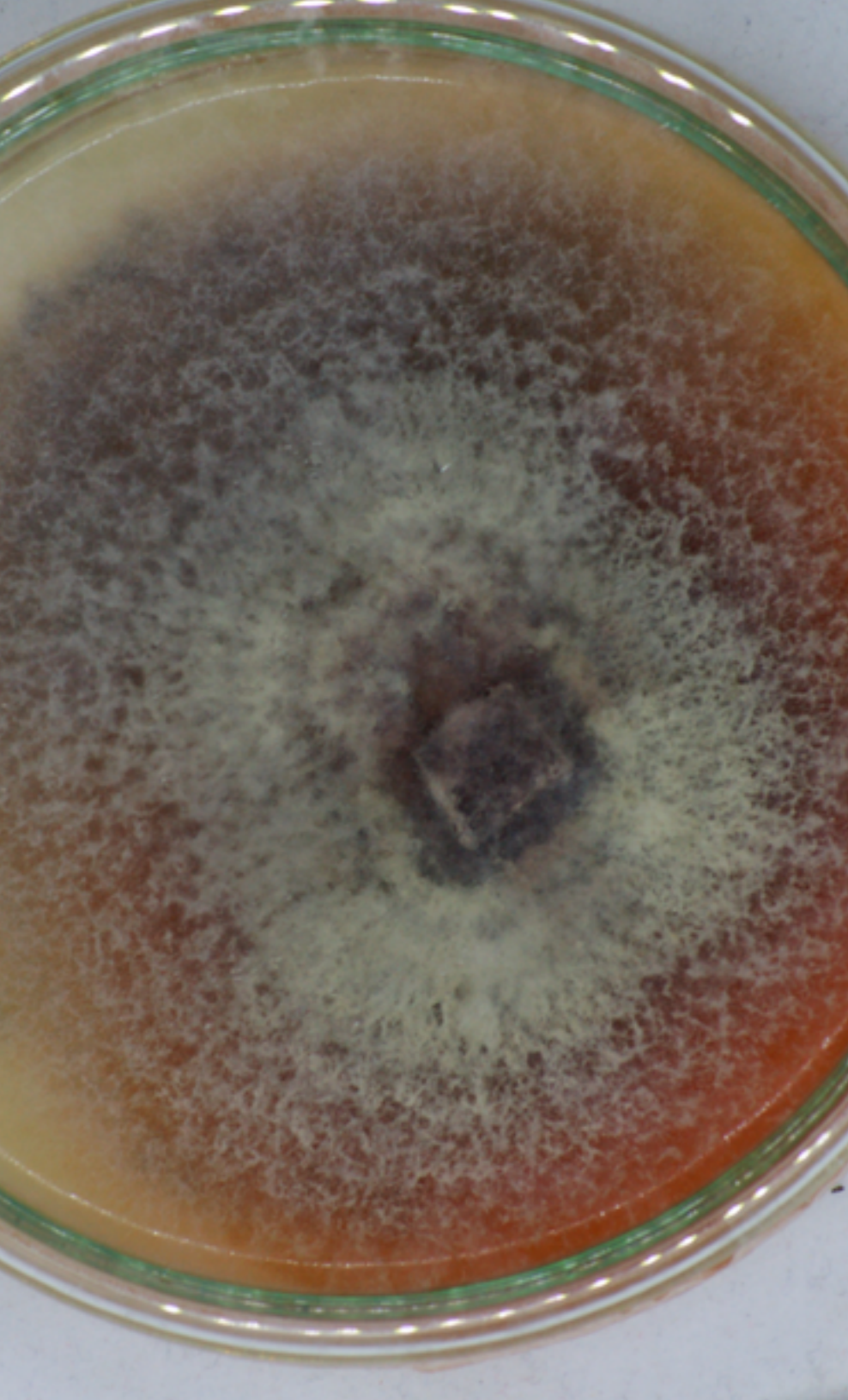
Estos materiales son fabricados con recursos renovables y requieren de poca energía para su procesamiento, haciéndose parte dentro del modelo de economía circular y de *la cuna a la cuna*^{*}, puesto que al finalizar su ciclo de vida, estos pueden descomponerse naturalmente o ser ocupados como alimento para un nuevo producto en base a micelio (Lelivelt, 2015).

En el siguiente eje serán presentados algunos ejemplos de estos materiales.

Metabolitos secundarios

Los metabolitos secundarios son moléculas estructuralmente heterogéneas que, a diferencia de los metabolitos primarios, no son esenciales en los procesos de crecimiento del organismo que los produce, en cambio, estos participan en un amplio rango de tareas como defensa, comunicación intercelular, inhibir el crecimiento de organismos competidores, etc. Los hongos producen gran cantidad de metabolitos secundarios, muchos de los cuales han sido estudiados y tienen relevantes aplicaciones, como antibióticos, inmunosupresores, prebióticos, aditivos para alimentos, producción de pigmentos, etc. sin embargo, hay que tener en consideración que estos también pueden producir toxinas (Chadni, Rahaman, Jerin, Hoque y Reza, 2017; Brakhage, 2012).

^{*} Cradle to Cradle (C2C) es un modelo de diseño y producción planteado por el arquitecto William McDonough y el químico Michael Braungart que se basa en tres principios derivados de la naturaleza: todo es recurso de algo más, usar energías limpias y renovables y celebrar la diversidad.



Estudio de posibles variables a considerar para el cultivo

A través de la revisión bibliográfica de papers y publicaciones académicas, se examinan distintos factores posibles que pueden optimizar la producción de colorantes en distintas especies. En estas investigaciones se tomaron en consideración una serie de variables, tales como la temperatura de incubación, el medio de cultivo, el valor de pH inicial del medio, la exposición constante a luz o la privación de ésta, así como la exposición a luces de distintos colores, la adición de fuentes de carbono y nitrógeno y el tiempo de incubación. Algunos de estos factores pueden ser considerados como estreses para el organismo, produciendo una conversión de los metabolitos primarios en secundarios como estrategia bioquímica de las células para proteger de esta forma sus fuentes de energía y sus metabolitos esenciales, produciendo entre esto coloración (Babitha, Soccol y Pandey, 2007) . Con esta información, se realizó una tabla resumen en la que se presentan una selección de estas variables, por ser las estudiadas en mayor extensión dentro de este grupo de investigaciones y por ser además aquellas de más fácil adaptación para los métodos caseros disponibles.

Esta tabla expresa los resultados destacados de cada una de estas investigaciones, mostrando los valores y condiciones que dieron mejores resultados en cuanto a producción de colorantes para los hongos investigados. La tabla no completa todas las variables para todos los hongos mostrados, esto es porque no todas las investigaciones se centran en el estudio de los mismos factores.

Hongo	Fuente	Temperatura	pH inicial	Luz / Oscuridad	Tiempo de Incubación
<i>Monascus purpureus</i> (sólido)	Babitha, et al., 2007	Máxima roja a 30°C Máxima amarilla a 40°C	Caro et al., 2017	-	-
<i>Monascus purpureus</i> (líquido)	Dikshi y Padmavathi, 2011 Velmurugan et al., 2010	30°C	5,5	Incremento en oscuridad	16 días
<i>Isaria farinosa</i> (medio líquido)	Velmurugan et al., 2010	27°C	5	Incremento en oscuridad	8 días
<i>Emericella nidulans</i> (medio líquido)	Velmurugan et al. 2010	-	-	Incremento en oscuridad	-
<i>Fusarium verticillioides</i> (medio líquido)	Kongsak et al., 2008 Velmurugan et al., 2010	-	8	Incremento en oscuridad	-
<i>Penicillium purpurogenum</i> (medio líquido)	Méndez et al., 2011 Velmurugan et al., 2010 Geweely, 2011	24°C 30°C	5 9	Incremento en oscuridad	10 días 4 días
<i>Cordyceps militaris</i> (medio sólido)	Shrestha et al., 2006	-	-	No se desarrolló coloración en oscuridad	21 días
<i>Talaromyces verruculosus</i> (medio líquido)	Chadni et al., 2017	30°C	7	-	24 días
<i>Aspergillus nidulans</i> (medio líquido)	Geweely, 2011	30°C	7	Incremento en oscuridad	4 días
<i>Fusarium moniliforme</i> (medio líquido)	Geweely, 2011	30°C	7	Incremento en oscuridad	4 días
<i>Phoma herbarum</i> (medio líquido)	Geweely, 2011	30°C	7	Incremento en oscuridad	4 días
<i>Trametes versicolor</i> (medio sólido)	Tudor et al., 2013	-	4	-	-
<i>Xylaria polymorpha</i> (medio sólido)	Tudor et al., 2013	-	4 5	-	-
<i>Scytalidium cuboideum</i> (medio sólido)	Tudor et al., 2013	-	Máxima roja a 6,5 Máxima azul: 8	-	-

Tabla 1 Tabla variables Fuente: Elaboración propia a partir de los referentes mencionados.



Diseño y Biología

2. Diseño y Biología

El diseño biológico en la ciencia, ha atravesado una rápida expansión y desarrollo; desde la biomímesis, usando la naturaleza como modelo e inspiración (Raman y Bashir, 2017) a la bio-fabricación, siendo definida desde la medicina como “La generación automatizada de productos biológicamente funcionales con organización estructural de células vivas, moléculas bioactivas, biomateriales, agregados celulares como microtejidos o construcciones híbridas de material celular, a través de bioimpresión o bio ensamblaje y procesos posteriores de maduración de tejidos”(Moroni et al., 2018), utilizando los principios de la ingeniería, biología, biotecnología y ciencia de los materiales.

A pesar de sus orígenes ligados más estrictamente al área científica, gracias al trabajo transdisciplinar, se han generado acercamientos hacia las áreas creativas, en donde actualmente estos términos cobran nuevo significado al incorporar diseño y biología, ofreciendo la posibilidad de reimaginar los paradigmas de producción y fabricación (Camere y Karana, 2017) a través de la cooperación con organismos vivos tales como plantas, hongos, bacterias, algas e insectos, actuando estos como fuente material, generadores de energía, etc. (Zhou, Barati, Wu, Scherer y Karana, 2021).

Con el creciente interés por la intersección entre el diseño y la biología, existen distintas aproximaciones en cuanto a la forma en que la naturaleza y biología son empleadas en los procesos de diseño; desde el ‘Design & living systems lab’, Carole Collet presenta cuatro ejes principales de investigación:

-Naturaleza como modelo:

Utilizando los principios de la biomímesis para traducir comportamientos naturales en la conceptualización y producción de productos.

-Naturaleza como co-trabajadora:

Focalizado en colaborar con organismos vivos para fabricar ‘naturalmente’ materiales o productos.

-Naturaleza reprogramada:

Focalizado en la biología sintética y la reprogramación de organismos vivos para fabricar materiales ‘biosintéticos’ personalizados.

-Naturaleza re-conceptualizada:

Diseño como herramienta para sostener y desarrollar marcos de trabajo y cuestionamientos éticos para el diseño bio-inteligente.

Por otra parte, y focalizados en el diseño de materiales, Camere y Karana identifican a su vez cuatro prácticas principales.

-Growing design (Diseño creciente, diseño cultivado):

Cooperación entre diseño y organismos vivos para fabricación (cultivo) de materiales.

-Biología aumentada:

Exploración del potencial de la re-ingenierización de células para desafíos sociales actuales.

-Bio-fabricación digital:

Rol del diseño ante la biología sintética, herramientas computacionales y tecnologías avanzadas. Naturaleza digitalmente inspirada

-Bio-diseño ficticio:

Genera visiones conceptuales de nuestras interacciones con ecosistemas naturales en el futuro lejano. Diseño especulativo.

Dentro de las categorías de naturaleza como co-trabajadora y de Diseño cultivado, se presentan empresas como **Ecovative** o **Mycoworks** que mediante el uso de distintos hongos tales como *Ganoderma Lucidum* o *Polyporus Squamosus*, han generado materiales con diversas características y funciones, posicionando a los materiales de micelio como una alternativa sostenible frente a empaques plásticos de un solo uso así como a sustitutos al cuero animal, presentando la ventaja de además ser libre de crueldad.

Mycoworks:

Philip Ross y Sophia Wang han trabajado y desarrollado experiencia en la biofabricación con hongos por varios años, fundando en 2013 Mycoworks, han experimentado con distintos sustratos de residuos agroindustriales como aserrín, cáscaras de arroz, entre otros elementos, para ser inoculados con distintas cepas de hongos, de esta forma han logrado desarrollar ladrillos y mobiliarios. Actualmente, con el científico en materiales Matt Scullin, lanzaron su primer producto "Reishi™", un material textil, basado en este hongo, con características similares al cuero, durable, flexible y resistente.



Figura 6 Material Reishi. Fuente: <https://www.madewithreishi.com/>



Figura 5 Reishi. Fuente: <https://www.madewithreishi.com/>



Figura 7 Esponja de maquillaje Fuente: <https://ecovatedesign.com/>

Ecovative presenta como su misión desarrollar y cultivar 'mejores' materiales que sean compatibles con la tierra. Han trabajado por años con micelio y subproductos agrícolas para la fabricación de packaging biodegradable, generando asociaciones internacionales de otorgamiento de licencias por tiempos determinados de su material MycoComposite™, lo que demuestra el gran interés por los materiales de este tipo. Actualmente, han ampliado sus aplicaciones, desarrollando desde materiales aplicables en la industria cosmética como espumas para maquillaje, hasta fuentes de alimento altas en proteína.



Figura 8 Packaging Fuente: <https://ecovatedesign.com/>



Figura 9 Atlast. Fuente: <https://ecovatedesign.com/>

En la misma línea, se han levantado laboratorios de bio-fabricación a distintas escalas y contextos que exploran e investigan las posibilidades que el micelio y otros agentes biológicos pueden entregar para la elaboración de nuevas materialidades y métodos de fabricación. Dentro de estos se encuentra BioFab, laboratorio inserto dentro de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

Biofab sigue el lineamiento de la investigación y desarrollo de código abierto, esto quiere decir, generar conocimiento de libre acceso, compartiendo los resultados obtenidos de los proyectos realizados.

En este lugar, se dió la posibilidad de participar en el desarrollo de un proyecto Fondart el año 2019. Este proyecto, titulado Micotextil, estudió la posibilidad de elaboración de un material textil co-creado con el micelio de la especie *Trametes versicolor*.



Figura 10 Incubadora desarrolla por BioFab Fuente:Archivos BioFab, fotografía por Sebastián Rodríguez



Figura 11 Micotextil Fuente: Archivos BioFab, fotografía por Sebastián Rodríguez

Existen también, aproximaciones hacia el color a través de la colaboración con bacterias y microalgas para procesos de teñidos y estampados, tal es el caso de **Algaemy**, proyecto del estudio Blond & Bieber que estudia el potencial de las microalgas en un contexto creativo, produciendo con ellas un pigmento utilizable en estampación textil. Así como Faber futures con el proyecto **Coelicolor** en donde exploran distintos métodos de interacción entre la bacteria *S.Coelicolor* y fibras de origen proteínico para acabados textiles con buena fijación, a través de un proceso que utiliza menor cantidad de agua que los métodos de tinción industriales e investigaciones como Bioshades o **Material Microbes** que a través de la exploración con distintas bacterias, presenta también el cuestionamiento sobre los tintes en la industria textil y su impacto como material altamente contaminante y que sin embargo, es invisibilizado por los fabricantes.



Figura 13 Bioshades. Fuente: <https://bioshades.bio/>

24

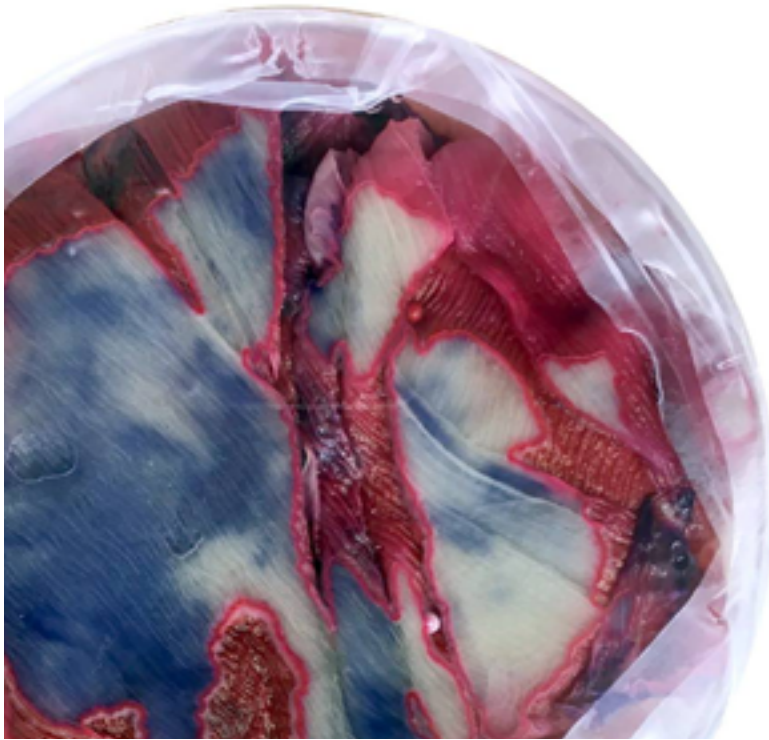


Figura 12 Bioshades Fuente: <https://bioshades.bio/>

Bioshades es un proyecto inserto dentro del TextileLab Amsterdam, quienes trabajan con textiles, diseño de materiales, investigación y diversas disciplinas artísticas.



Figura 14 Faber Futures. Fuente: <https://faberfutures.com/>



Figura15 FaberFutures. Fuente: www.faberfutures.com/

Para este proyecto Faber Futures trabajó en conjunto con Ginkgo Bioworks en su programa de Residencias, lo que les permitió escalar su investigación generando grandes lienzos con patrones gráficos.



Figura 16 Material Microbes. Fuente: Material Microbes

Material Microbes es un proyecto de investigación y diseño por Sarah Hickey, desarrollado en su Master en Diseño, quien propone una técnica de coloración en textiles utilizando una bacteria de origen local.



Figura 17 Algaemy Fuente: www.blondandbieber.com/algaemy

Algaemy se presenta como una estación de estampado textil análoga que produce su propio pigmento en una paleta amplia de colores que van desde matices de azules, verdes, hasta cafés y rojos.



Figura 18 Algaemy Fuente: <https://www.blondandbieber.com/algaemy>



Figura 19 Estampados de Algaemy. Fuente: <https://www.blondandbieber.com/algaemy>



Color

3. Color

El color es una percepción en el órgano visual, generada en el cerebro como resultado de la interpretación de las señales nerviosas enviadas por los fotorreceptores ubicados en nuestros ojos, de esta forma, gracias a la luz y la absorción y reflejo de esta por distintos cuerpos (objetos, organismos vivos, lugares, etc.), es que podemos percibir una amplia gama de colores. A su vez, aquellos cuerpos capaces de absorber todas las longitudes de onda de la luz, serán percibidos como negros, en contraste, aquellos que las reflejan todas, serán percibidos como blancos (Calvo, 2018).

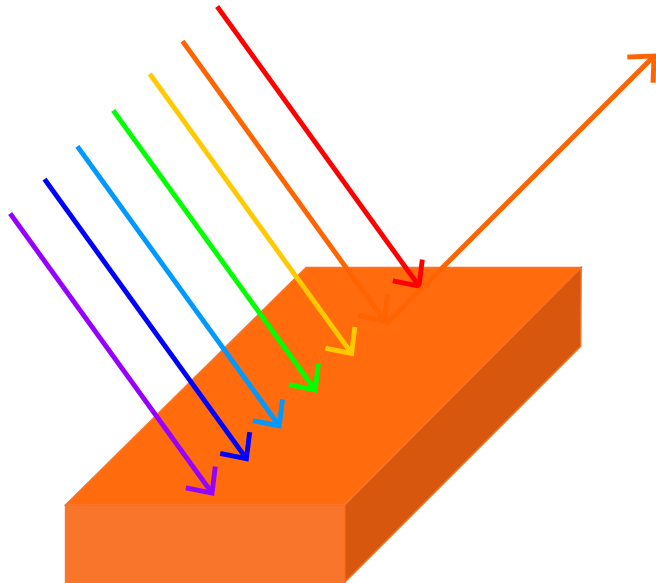


Figura 20 Reflejo del color. Fuente:Elaboración propia

Existen ciertas propiedades que diferencian a cada color, variando su aspecto y que determinan su apariencia final, estas son;

-Matiz o Tono: Se refiere al estado puro del color, sin adición de blanco o negro. Está asociado a la longitud de onda luminosa reflejada dominante, permitiéndonos catalogar los colores (azul, rojo, amarillo, etc.) e identificando las variaciones que estos mismos producen en su recorrido hacia uno u otro lado del círculo cromático (García, 2012; Calvo, 2018) .

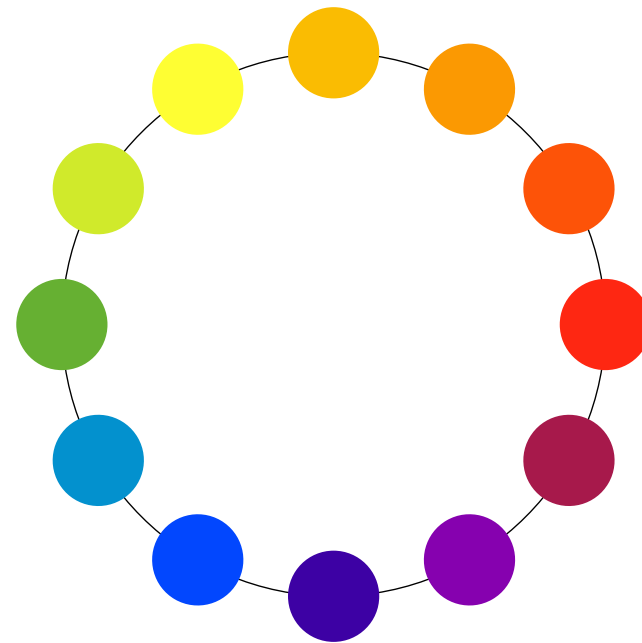


Figura 21 Matices distribuidos en círculo cromático. Fuente: Elaboración propia

-Luminosidad o Valor: Se refiere a la cantidad de luz percibida de un color, para describir que tan claro (valor alto a través de la adición de blanco), oscuro (valor bajo a través de la adición de negro) o medio (a través de la adición de grises) es (Calvo, 2018; Berns, 2019).

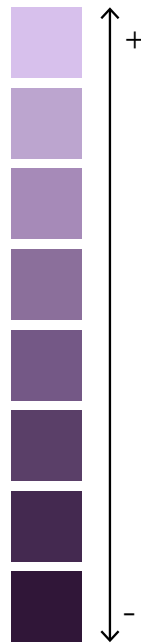


Figura 22 Luminosidad Fuente: Elaboración propia

-Saturación o Brillo: Representa la intensidad de un color, estando los colores puros completamente saturados. Esta característica puede alterarse entonces al adicionar blanco, negro o gris, así como al agregar su complementario en el círculo cromático (Calvo, 2018).

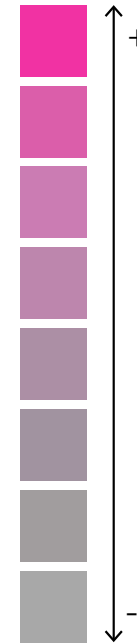
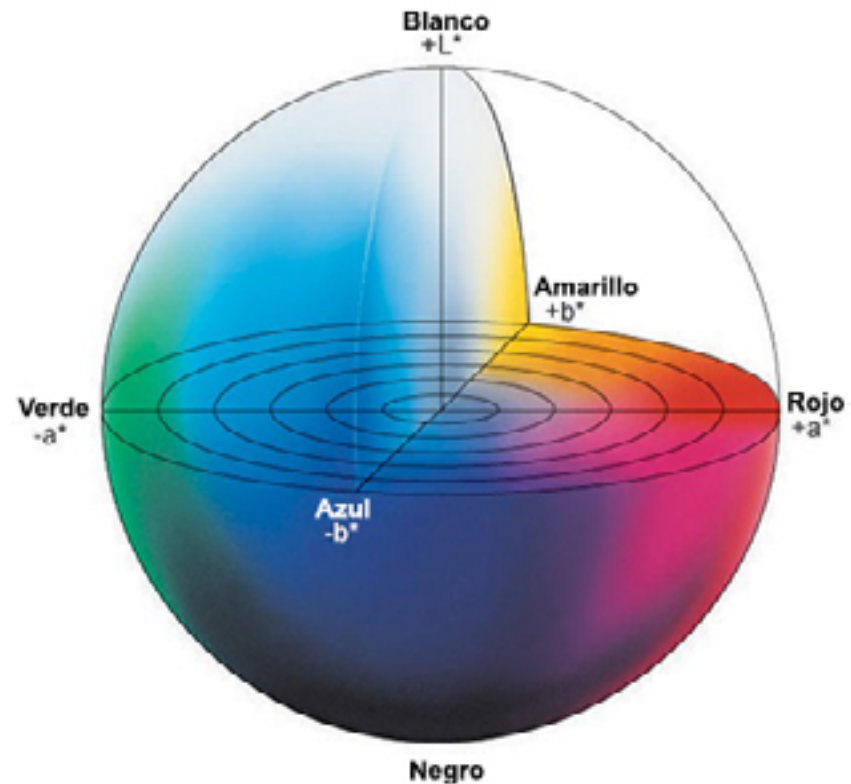


Figura 23 Saturación Fuente: Elaboración propia

Espacio de color CIE L*a*b*

A través de las propiedades del color descritas, se construyen los espacios de color, estos organizan los colores permitiendo generar un lenguaje colorimétrico entendido universalmente (Lobiano,2020). Dentro de estos, se encuentra el espacio de color CIELAB (CIE 1976 L*a*b*), este es un espacio de color tridimensional esférico que fue desarrollado por la Comisión Internacional de la Iluminación y es uno de los más usados en el mundo, siendo utilizado por industrias como la textil y alimentaria.

La esfera está constituida por tres ejes, uno central, descrito por la coordenada L* y dos ejes perpendiculares a éste, descritos por las coordenadas a* y b*, en donde L representa la luminosidad, a través de valores que van desde el 0 (negro) al 100 (blanco), mientras que los ejes a* y b* representan los estímulos cromáticos, en donde el valor de 0 está ubicado en el centro de la esfera. Así, el eje a* va desde el verde (-a*) al rojo (+a*) y el eje b* va desde el azul (-b*) al amarillo (+b*) (Talens, 2019).



31

Figura 24 Espacio de color CIELAB. Fuente: <https://sensing.konicaminolta.us/mx/blog/entendiendo-el-espacio-de-color-cie-lab/>

Percepción y simbolismos:

Existe controversia con respecto a los simbolismos asociados a la percepción de los colores y su psicología; por un lado, Goethe*, quien dedicó décadas de estudios a los fenómenos del color y sus aplicaciones, relacionó categorías de color a respuestas emocionales, así, escribió en *La teoría de los colores* “[...] El color [...], produce sobre el sentido de la vista, al que pertenece y, por conducto de él, sobre el alma humana, individualmente, un efecto específico y en combinación, un efecto ya armonioso o característico, muchas veces también no armonioso, pero siempre definido y significativo [...]”, detectando dos grupos de colores, aquellos del lado del más (+), como el amarillo, amarillo rojizo, rojo amarillento, y aquellos del lado del menos (-), como el azul, azul bermejo y rojo azulado, provocando los del primer grupo vivacidad y dinamismo, en contraste a los del segundo que provocarían inquietud y anhelo en el alma (Calvano y López, 2004). Por otra parte, autores como Hembree sostienen que las asociaciones de colores-conceptos dependen de cada cultura y vivencias personales (Sánchez-Ramos y Caldera, 2016). Otros autores plantean que estas teorías generan coerción en el arte, restringiendo el rango de expresión del artista, a la vez que se limita la interpretación de la audiencia (MacEvoy, 2015). En un término que aparece como conciliador entre estas corrientes de pensamiento, Elliot y Maier proponen la teoría del color en contexto, que se basa en el aprendizaje social, así como en la biología, de esta forma plantean la presunción de que algunas respuestas a los estímulos del color se deben únicamente a la relación repetida de colores con conceptos, mensajes y experiencias, presumiendo, sin embargo, que otras representan una predisposición biológicamente arraigada, que es reforzada y moldeada por el aprendizaje social (Elliot, 2015). Con todo, existe también la observación de que, si bien el color presenta las tres propiedades básicas descritas anteriormente (matiz, luminosidad y saturación), todas las cuales podrían afectar de una u otra forma nuestra percepción, sólo el matiz es considerado en la mayoría de estas teorías (Elliot, 2015).

* Johann Wolfgang Goethe (1749 - 1832) fue un escritor, poeta, filósofo, científico y político Alemán. En 1810 publicó “La teoría de los colores” (Zur Farbenlehre).

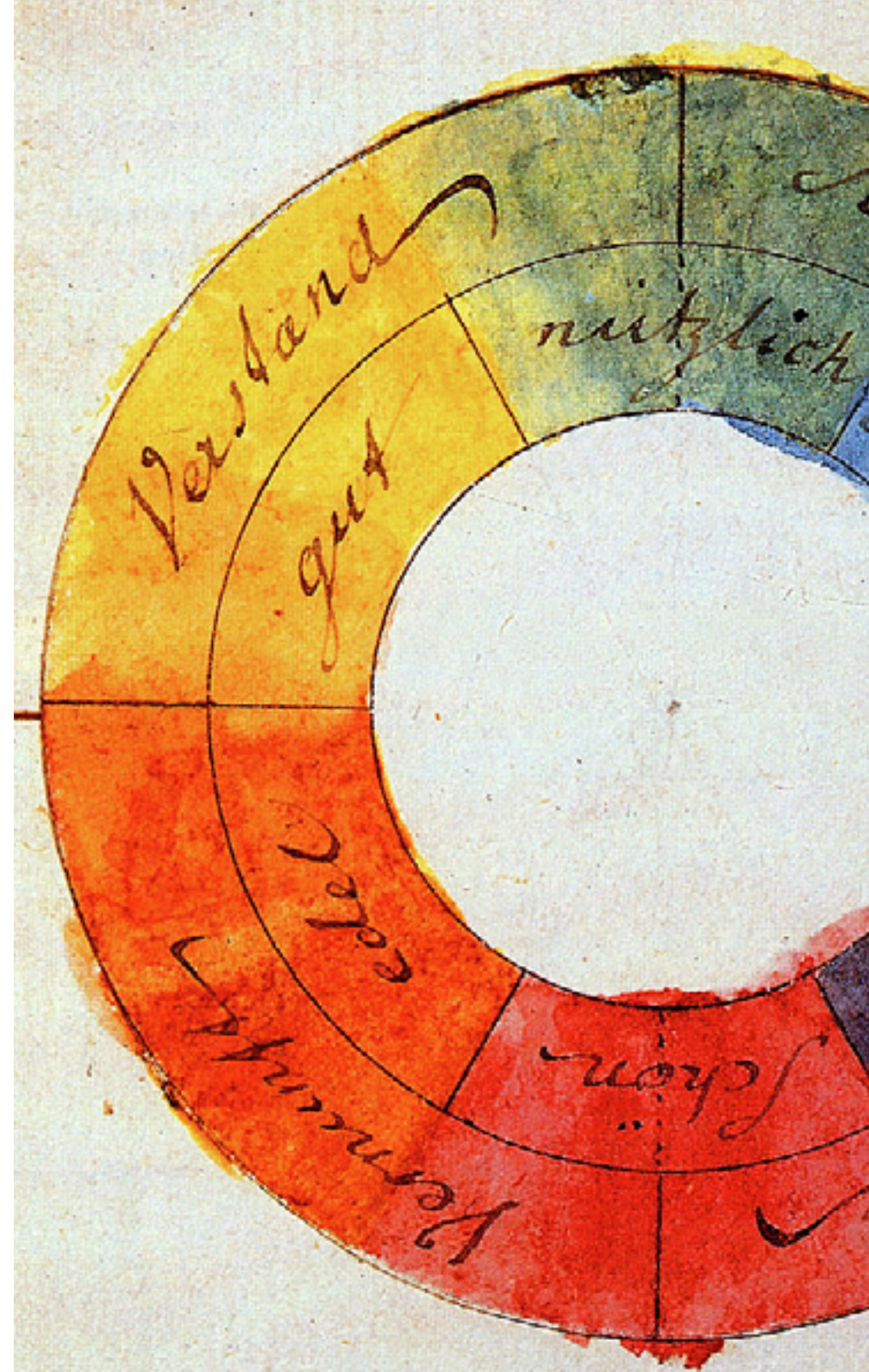


Figura 25 Círculo cromático de Goethe.



Colorantes naturales y oficios

4. Colorantes naturales y oficios

Se define como colorantes a todos aquellos materiales utilizados para impartir color a objetos, dentro de estos se agrupan los **pigmentos y los tintes** (Berns, 2019).

Como aviso en terminología, en biología, un pigmento es cualquier molécula que produce color en las células animales, vegetales, bacterianas y fúngicas (Alvarez, 2017), es por esto que en gran parte de la bibliografía científica consultada, se habla de producción de pigmentos, esto no quiere decir que necesariamente estos tienen las características que se enlistan a continuación. Es por esto, y para no generar confusiones posteriores, que en este documento al referirse más adelante a tales casos, se emplea el término más general de 'colorantes' o 'coloración'.

34

Pigmentos

- Son un material particulado prácticamente insoluble que se dispersa en el medio que colorean.
- Si bien solían ser más comúnmente inorgánicos, con el surgimiento de la química orgánica, hoy los hay orgánicos en gran cantidad.
- No tienen afinidad con el material o sustrato al que serán aplicados, por lo que requieren un aglutinante para que se fijen a este.

Tintes

- Son sustancias - en la mayoría de los casos- solubles en agua (existen excepciones como los tintes de tina o vat dyes, que requieren un agente reductor para su solubilización), que colorean el material desde una solución.
- Son orgánicos (en su mayor parte)
- Tienen afinidad por el sustrato y se convertirán en parte del material sin necesidad de un aglutinante (haciendo la distinción entre aglutinante y mordiente).

Antes de la creación de los colorantes sintéticos, los colorantes naturales fueron por muchos años, a través de la exploración y trabajo de extracción y utilización de ellos, quienes dotaron de color a fibras, pieles, utensilios, etc. Así, existen hallazgos de la utilización de ocre, descritos como pigmentos provenientes de suelo o rocas que contienen óxidos o hidróxidos de hierro, desde hace más de 100.000 años, especulando sobre su aplicación decorativa y/o de protección de la piel (Henshilwood et al., 2011). De la misma forma, se han hallado vestigios de textiles teñidos con índigo en Egipto que datan del 2.500 AC, así como de teñidos con cochinilla por parte de la cultura Paracas (600-100 AC) (Meier et al., 2016).

En el año 1856, el químico británico William Perkin descubrió la mauveína, conocida también como anilina morada, marcando de esta forma el inicio de la industria de los colorantes sintéticos (Pickering, 2005). Estos tintes, por poseer buenas propiedades de fijación y por la amplia gama de matices que vinieron a entregar, además de su bajo costo, se popularizaron rápidamente, logrando desplazar a los tintes naturales, sin embargo, por la naturaleza tóxica de muchos de estos y sus posibles efectos adversos, es que actualmente existe un renovado interés en el mundo de los tintes naturales (Kant, 2012).

En la industria de la moda:

De la mano del *fast-fashion** o *moda rápida*, los procesos de acabado y teñidos textiles han generado un gran problema ecológico y de contaminación, se estima que entre un 17-20% de la contaminación industrial de las aguas proviene de los tratamientos textiles (Kant, 2012). Estas aguas son frecuentemente descargadas en los sistemas locales de aguas, liberando con ellas el colorante no adherido a las fibras, metales pesados, sales y químicos, además este es generalmente alto en temperatura y en pH (Yaseen y Scholz, 2019), afectando de esta forma a la vida acuática, al verse intervenida la entrada de luz, interfiriendo con la actividad bacteriana y con el correcto proceso de fotosíntesis de las algas, afectando por consiguiente el intercambio de oxígeno entre el aire y el agua (Kant 2012; Betterthinking, 2006), además de a las personas locales y las tierras donde viven y cultivan.

* Término que da nombre al fenómeno de producción y consumo actual de la moda, ofreciendo múltiples colecciones por temporada, las cuales son fabricadas a un ritmo acelerado y a bajo costo.

Tintes naturales

Son todos aquellos materiales tintóreos que provienen de la naturaleza, estos suelen, en mayor medida, provenir del reino vegetal, desde hojas, tallos, cortezas, flores, etc. de distintas especies, aunque también los hay aquellos como el carmín de cochinilla, el cual ha sido utilizado por miles de años y que proviene de un insecto, así como también de bacterias y hongos.

Para su aplicación, existen tintes adjetivos y sustantivos, requiriendo los primeros de una sustancia llamada mordiente, mientras que los segundos no los necesitan.

Mordientes:

Son sustancias que tienen afinidad con ambos el material tintóreo y el material a teñir, de esta forma, modifican la estructura molecular del material a teñir para que las moléculas de los tintes puedan adherirse a este, actuando como un puente entre ambos (Lobiano, 2020; Meier et al., 2016). Adicionalmente, los mordientes son utilizados para obtener distintos matices desde un mismo baño de tinte, por lo que, muchas veces son utilizados aún cuando el tinte a utilizar es sustantivo.

Existe gran cantidad y clases de mordientes, siendo el alumbre potásico uno de los más utilizados pues no es considerado tóxico ni contaminante, además de ser fácilmente adquirible, otros de uso común son las cenizas de madera, el vinagre, la sal de mesa (Meier et al., 2016) y la leche de soya. El mundo de los mordientes es amplio, y así, resulta importante investigar sus propiedades y sus riesgos al momento de utilizarlos, pues existen varias sustancias utilizadas como mordientes y que hoy no son recomendadas por ser tóxicas, como el sulfato de cobre, ácido oxálico, dicromato de potasio, etc. (Rice, 2007), de todas formas, siempre es recomendable utilizarlos en ambientes ventilados y con implementos de protección personal.

En general, para las fibras de origen vegetal se recomienda mordentar con sustancias alcalinas, y para las de origen animal, con sustancias ácidas.

Los mordientes pueden ser aplicados a la materia a teñir antes del proceso de teñido, de forma simultánea con el teñido o posteriormente, esto depende del material a teñir, del tipo de mordiente y del acabado esperado.

Por su origen, los tintes naturales suelen ser considerados como eco-amigables al provenir desde fuentes renovables y ser biodegradables, siendo utilizados en diversas industrias como la textil, alimenticia y medicinal (Saxena y Raja, 2014). Sin embargo, dentro del uso en la industria textil, existe el debate y cuestionamiento sobre su sostenibilidad frente a los requerimientos modernos de esta, debido a las grandes cantidades necesarias de material tintóreo a utilizar, por consiguiente la inminente necesidad de pesticidas y agua para los respectivos cultivos y la necesidad, en muchos casos, de la utilización de mordientes, posiblemente igual de contaminantes que los tintes sintéticos (Betterthinking, 2006). De todas formas, esto es planteado al involucrar este oficio dentro de la mega industria, información que es valiosa de considerar pero que no necesariamente se condice con el trabajo artesanal.

A continuación se presentan una serie de referentes de estudios y negocios asociados al trabajo con tinturas.



Figura 26 Babs Behan Fuente: <https://www.botanicalinks.com/>



Figura 27 Teñido natural Fuente: <https://www.botanicalinks.com/>



Figura28 Retazos Botanical inks Fuente: <https://www.botanicalinks.com/>

Botanical inks:

Es un proyecto de la diseñadora y artista inglesa Babs Behan. Su propuesta ofrece compromiso con el medio ambiente, alrededor de los textiles y el color. Parte importante de su manifiesto es el trabajo con materias primas locales, fabricadas de forma sostenible. Trabaja en distintos niveles de proceso y con diversas técnicas, desde distintos tipos de teñidos, preparación de pastas y tintas de estampado.

En su estudio ofrece diversos talleres y consultorías profesionales, además de textiles y materias primas tintóreas y textiles fabricados natural y localmente.



Figura 29 Rebeca Desnos Fuente: <https://rebeccadesnos.com/>

38

Rebecca Desnos:
Rebecca es una artista y escritora inglesa dedicada al oficio de los teñidos naturales. Documenta su trabajo a través de la autopublicación de libros y revistas referentes al teñido de fibras vegetales con elementos del reino vegetal.



Figura 30 Libro Rebecca Desnos. Fuente: <https://rebeccadesnos.com/>



Figura 31 Textiles Rebeca Desnos
Fuente: <https://rebeccadesnos.com/>



Figura32 Greenmatters estudio Fuente:
<https://www.greenmattersnaturaldyecompany.com/>



Figura 33 Greenmatters estudio Fuente:
<https://www.greenmattersnaturaldyecompany.com/>

Green Matters Natural Dye Company:
Es un estudio de teñido natural ubicado en Inglaterra.
Ofrecen el servicio de teñido textil para negocios que
deseen trabajar con colores sostenibles. Poseen en
su fábrica, invernaderos donde crecen algunas de sus
propias materias primas tintóreas.



Figura 34 Cultivo de plantas tintóreas Fuente: <https://www.greenmattersnaturaldyecompany.com/>

Pigmentos naturales

Los pigmentos son ampliamente utilizados en recubrimientos industriales, pastas de impresión y estampados, formulaciones cosméticas, oficios cerámicos, etc.

Los hay inorgánicos y orgánicos, presentando los primeros mayor estabilidad a la luz, temperatura y químicos que los segundos, sin embargo, los pigmentos orgánicos presentan la cualidad de presentar una más amplia gama de colores, lo que los hace llamativos (Pfaff, 2017). Por esta razón es que, hasta la actualidad, ambas clasificaciones continúan siendo utilizadas.

Los pigmentos pueden ser divididos en aquellos terrestres (como los ocre y siena), tradicionales (basados en metales como cadmio, titanio, etc.), y modernos (sintéticos orgánicos) (Barnett et al., 2006).

A continuación se presentan referentes de artistas que recolectan y trabajan con pigmentos de la naturaleza.

Pigmentos laca ('lake pigments'):

40

Estos son un tipo de pigmentos que se elaboran desde un caldo de tinción, consisten generalmente de una sustancia colorante orgánica unida con un óxido metálico. Son creados al precipitar el caldo tintóreo con una solución de un sustrato inerte, como una sal metálica, mezclada con una solución alcalina. De esta forma, el colorante es depositado en la sustancia inerte y separado del agua, formando la laca.

Dependiendo de su origen, varían en su fijación y durabilidad (Bersch, 1901).

Se tienen registros de la utilización de esta técnica desde el Antiguo Egipto, quienes desarrollaron una laca índigo desde la planta herbácea *Isatis tinctoria*, con tiza, arcilla blanca o polvo de huesos como sustancia absorbente (Royal society of chemistry), siendo también desarrollados ampliamente en la edad media, utilizados en manuscritos iluminados. La laca de granza (madder lake) o amarillo indio (indian yellow) son, por nombrar solo un par, ejemplos de este tipo de pigmentos.



Figura 35 Taller de ocre. Fuente: <http://earlyfutures.com/>



Figura 37 Pigmentos recolectados. Fuente: <http://earlyfutures.com/>



Figura 36 Molido de ocre Fuente: <http://earlyfutures.com/>

Early futures:
Heidi Gustafson es una artista estadounidense, reconocida por su trabajo con pigmentos minerales, ha generado un amplio archivo de pigmentos, recolectados artesanalmente desde distintas partes del mundo. Su trabajo artesanal y lento está fuertemente conectado con el respeto y honor de la naturaleza. Ofrece talleres de recolección de ocre así como sets de pigmentos recolectados por ella misma.



Figura 38 Natalie Fuente: <https://www.nataliestopka.com/>



Figura39 Cinta marmolada Fuente: <https://www.nataliestopka.com/>



Figura 40 Muestras de teñido Fuente: <https://www.nataliestopka.com/>

Natalie Stopka:

Natalie es una artista que, según sus palabras, se centra en procesos creativos arraigados en los materiales y fuerzas del mundo natural. Así, trabaja con teñidos naturales y pigmentos laca que extrae desde estos mismos para la elaboración de estampados marmolados sobre textiles y otras superficies.

Tiene un estudio en Yonkers, EEUU, donde posee un pequeño huerto de plantas tintóreas y en donde además imparte diversos talleres.

Colorantes desde cuerpos fructíferos de hongos

Si bien a través de este apartado se ha comentado la utilización colorantes naturales de origen mineral, vegetal y animal (también fue presentado en el apartado de diseño y biología la innovación en el uso de bacterias), no es muy recurrente en la literatura general de estos temas, los teñidos con hongos. Sin embargo, existe una comunidad bastante activa en redes sociales que utiliza los cuerpos fructíferos de diversos hongos para teñir fibras naturales, sobre todo de lanas.

Esta comunidad comienza a crearse a partir de la década de 1970, cuando la artista Miriam Rice empieza a estandarizar sus resultados de tinción obtenidos con hongos, generando gran interés. A la fecha existen ya diversas publicaciones de libros dedicados en particular a este oficio, tales como "The rainbow beneath my feet", "Mushrooms for Dyes, Paper, Pigments & Myco-Stix™", entre otros, así como la realización de un simposio internacional bienal, llevado a cabo desde 1980 que cuenta con talleres, charlas, incursiones, etc.

Como se comentó anteriormente, esta comunidad trabaja con los cuerpos fructíferos de los hongos, recolectándolos desde sus territorios, sin embargo, a pesar que desde el área de la ciencia es posible encontrar numerosos papers y artículos que estudian la producción de colorantes fúngicos a partir del trabajo con el micelio de distintas especies, estos dos mundo no parecen haberse encontrado.



Figura 41 Canasta con hongos tintóreos Fuente: Mycopigments



Figura 42 Miriam Rice Fuente: <http://rayandmiriamrice.com/>



Figura 43 Foto grupal taller. Fuente: Mycopigments

Compuestos colorantes

Molecularmente existen varios tipos de compuestos colorantes. Dentro del reino fungi, se producen una amplia gama de estos, como lo son los carotenoides, melaninas, azafilonas, flavinas y quinonas (Caro, Venkatachalam, Lebeau, Fouillaud y Dufossé, 2017). Una especie fúngica puede producir más de un compuesto colorante, esto explica por ejemplo la obtención de diferentes colores desde un mismo caldo tintóreo en su segundo proceso de tinción (Rice, 2007), así mismo, existen compuestos colorantes que, dependiendo de factores como el pH, presentan distinta coloración.

La siguiente tabla presenta algunas de estas moléculas y los colores asociados a ellas.

Halocromía

Químicamente hablando, el cromismo es un proceso que induce cambios, usualmente reversibles, en los colores de los compuestos (no confundir con la definición que agrupa a los accidentes patológicos producidos por la utilización de sales de cromo). Estos cambios pueden darse por un número de factores externos, como la temperatura (termocromismo), la luz (fotocromismo), electricidad (electrocromismo), iones (ionocromismo), etc. El uso de estas propiedades en materiales los categorizan en materiales inteligentes. (Van der Schueren y De Clerck, 2010).

Dentro del fenómeno del ionocromismo se encuentra el halocromismo, que corresponde al proceso de cambio de color afectado por el pH, siendo sensibles al ion hidrógeno (H⁺) (protonación o desprotonación). Los tintes sensibles al pH han sido utilizados por décadas como indicadores ácido-base (Christie, 2013), en estos, el cambio de color del indicador es denominado viraje y el intervalo de pH en el que se produce el cambio neto de color es denominado intervalo de viraje.

Hongo	Molécula	Color
<i>Penicillium oxalicum</i>	Antraquinona	Rojo Café rojizo
<i>Alternaria alternata</i>	Antraquinona Quinona	Café rojizo
<i>Trichoderma sp.</i>	Antraquinona	Amarillo
<i>Ashbya gossip</i>	Riboflavina	Amarillo
<i>Penicillium purpurogenum</i>	Azafilona	Amarillo Rojo
<i>Isaria farinosa</i>	Azafilona	Rosado
<i>Aspergillus sp.</i>	Quinona	Café
<i>Blakeslea trispora</i>	Lycopeno Beta-caroteno	Rojo Amarillo-Naranja
<i>Lactarius sp.</i>	Azuleno	Azul
<i>Fusarium sporotrichioides</i>	Beta-caroteno Lycopeno	Amarillo-Naranja Rojo
<i>Neurospora crassa</i>	Beta-caroteno	Amarillo-Naranja
<i>Monascus spp.</i>	Azafilona Ankaflavina Monascorubramina Rubropunctamina	Rojo Amarillo Rojo Naranja

Tabla 2 Tabla de moléculas y colores asociados. Fuente: Elaboración propia a partir de Información recopilada de Narsing Rao, Xiao y Li, 2017; Venil, Velmurugan, Dufossé, Devi y Ravi, 2020 y Caro et al., 2017

Relaciones inter-ejes

46

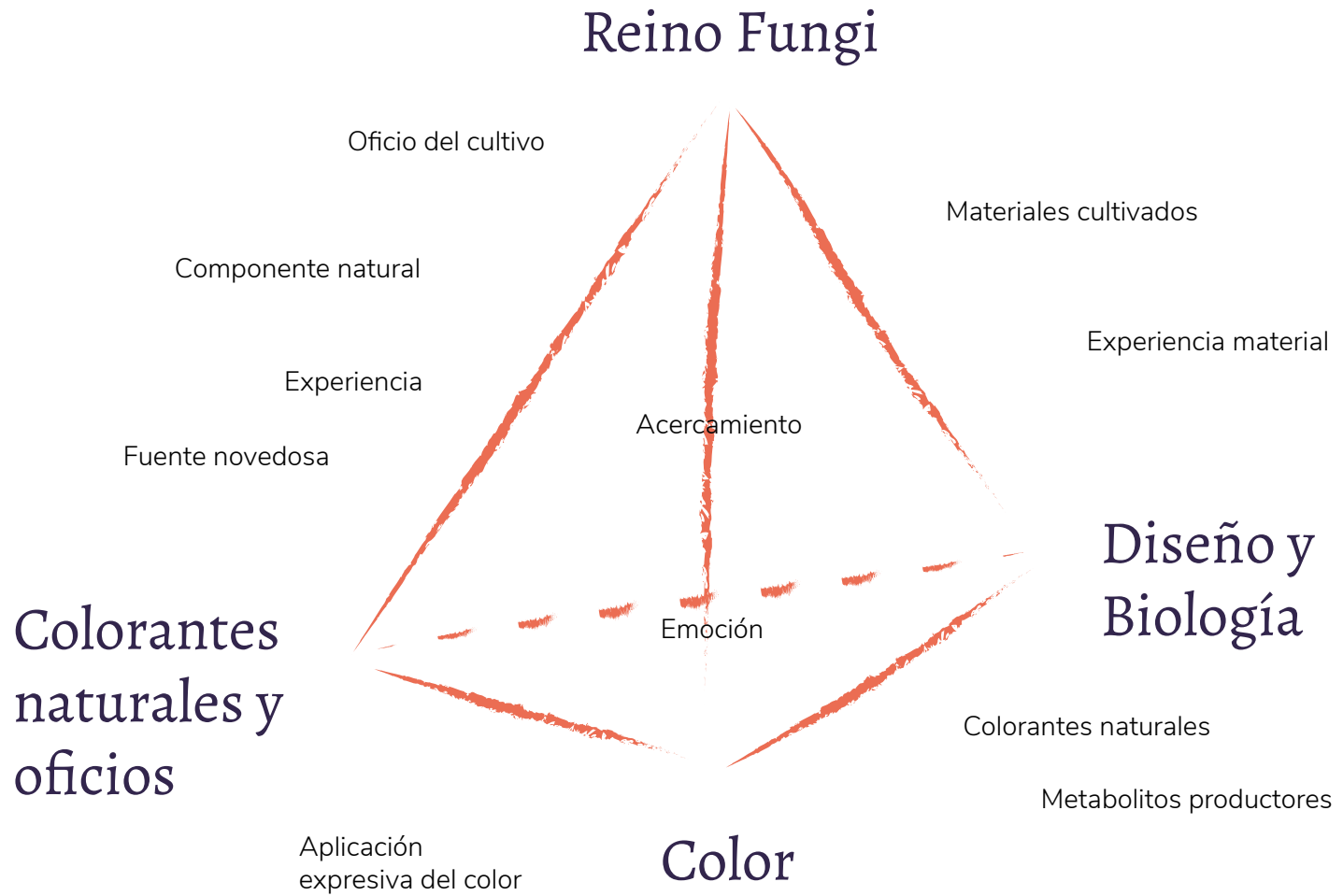


Figura 44 Relación ejes Fuente: Elaboración propia

Capítulo II:

Experimentos

Pre-experimentación

Selección del hongo

La presente investigación, como se comentó anteriormente, fue llevada a cabo con el apoyo de Biofab. Desde el fungario* en placas petri disponible en este laboratorio, se seleccionaron tres especies distintas que generaban coloración dentro de la placa; correspondientes a muestras extraídas desde viajes de recolección a terreno realizados por el laboratorio, tanto en el parque nacional Karukinka en tierra del fuego, como a territorios en Santiago, cabe decir que debido a la compleja identificación de los hongos, no todas las cepas en el fungario están clasificadas, por lo que se suelen emplear códigos de identificación para ellas, siendo en este caso nombradas como KRK 283, KRK 252 Y SA1A, siendo el código KRK, una abreviación para relacionar la muestra al parque Karukinka y siendo SA1A correspondiente a una muestra extraída en Santiago.

Las muestras correspondientes a KRK 283 Y SA1A presentan una coloración extracelular, siendo coloreado el medio de cultivo en el que crece, en tonos amarillos en el caso de KRK 283 y rojizos en el caso de SA1A, presentando un micelio ligeramente amarillo en KRK 283 y blanquecino en el caso de SA1A. En el caso de la muestra KRK 252, esta presenta una coloración intracelular, otorgándole al micelio un tono rosa pálido.

Desde estas muestras se seleccionó una cepa para continuar la investigación, en pos de focalizar el trabajo. Para realizar la elección se escogió la muestra que diera mejores resultados en cuanto a producción de pigmento, esta selección se llevó a cabo mediante la aplicación de la metodología de experimento seguida de Alvarez, 2017. mediante la cual se inocularon en 50 ml de medio de cultivo líquido, siete cuadros de 1x1 cm² de micelio de cada una de las especies crecido en medio de cultivo sólido en un matraz aforado de 250ml, posterior a eso, estas se incubaron en oscuridad por un período de dos semanas.

48

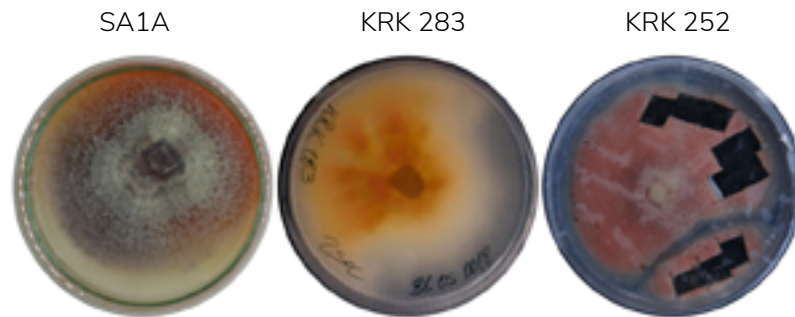


Figura 45 Placas fungario Fuente: Elaboración propia

* Fungario: Colección conservada de organismos del reino fungi. Este puede componerse de setas secas así como a la conservación del micelio de diversas especies en laboratorio

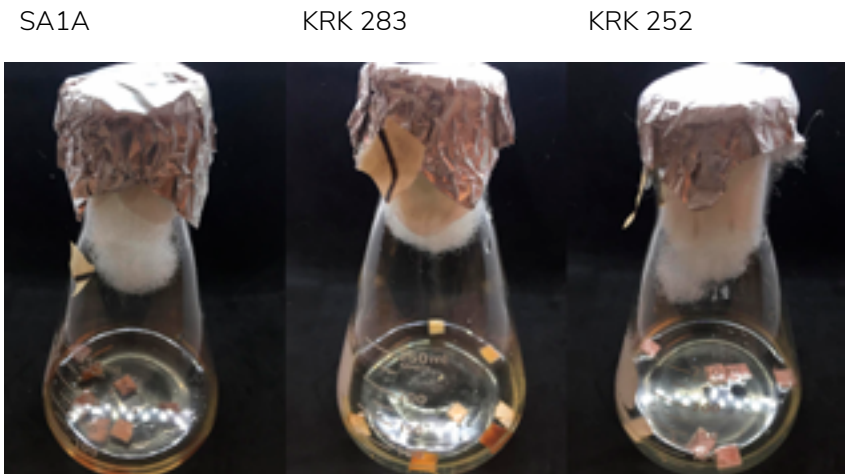


Figura 46 Inoculación matraces Fuente:Elaboración propia

Al cabo de este tiempo, se observó que las muestras correspondientes a KRK 283 Y SA1A produjeron coloración en el medio de cultivo líquido, sin embargo la muestra correspondiente a KRK 252 solo generó cierta turbiedad en el medio, sin presentar mayor proliferación de micelio coloreado, por lo que fue descartada.

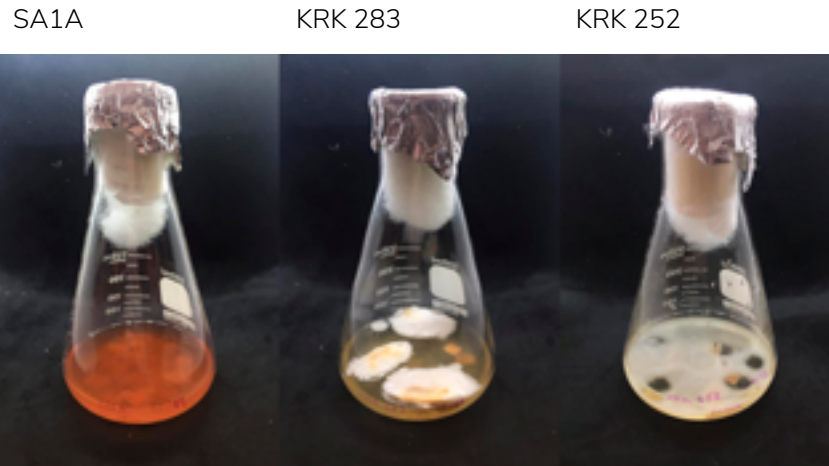


Figura 47 Termino incubación matraces. Fuente: Elaboración propia.

Se realizó una extracción etanólica de los pigmentos en los medios líquidos de la siguiente forma; se filtraron los caldos y se les añadió etanol de 96° en proporción de 40% de filtrado y 60% de etanol y se dejaron reposar un día.

Luego de esto, fueron centrifugados a 3700 revoluciones por minuto por 30 minutos, generando de esta forma fases que permitieran eliminar los restos fúngicos. Finalmente, se distribuyeron los caldos coloreados en placas abiertas para permitir su evaporación, quedando sobre ellas una capa coloreada que fue raspada con la ayuda de utensilios tipo espátula, resultando en pequeñas cantidades de colorante seco, el cual fue pesado, obteniéndose de SA1A 0,3 gramos y de KRK 283 0,1 gramos. Esta metodología fue realizada en dos oportunidades con

pequeñas adaptaciones, obteniéndose resultados similares. Debido a esto, y al factor de que los colorantes del rango rojizos son menos frecuentes en la naturaleza que los amarillos (Vankar, 2000), se decidió continuar la investigación con SA1A.

El proceso descrito anteriormente fue realizado en laboratorio, previo a la pandemia.

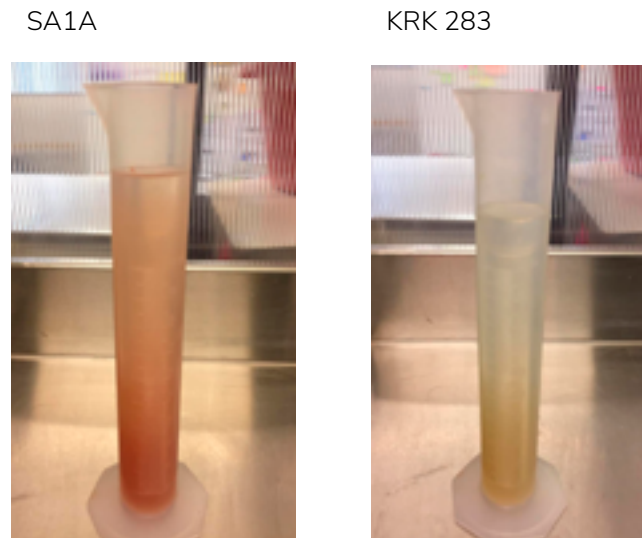


Figura 48 Filtrado de sa1a. Fuente: Elaboración propia.

50

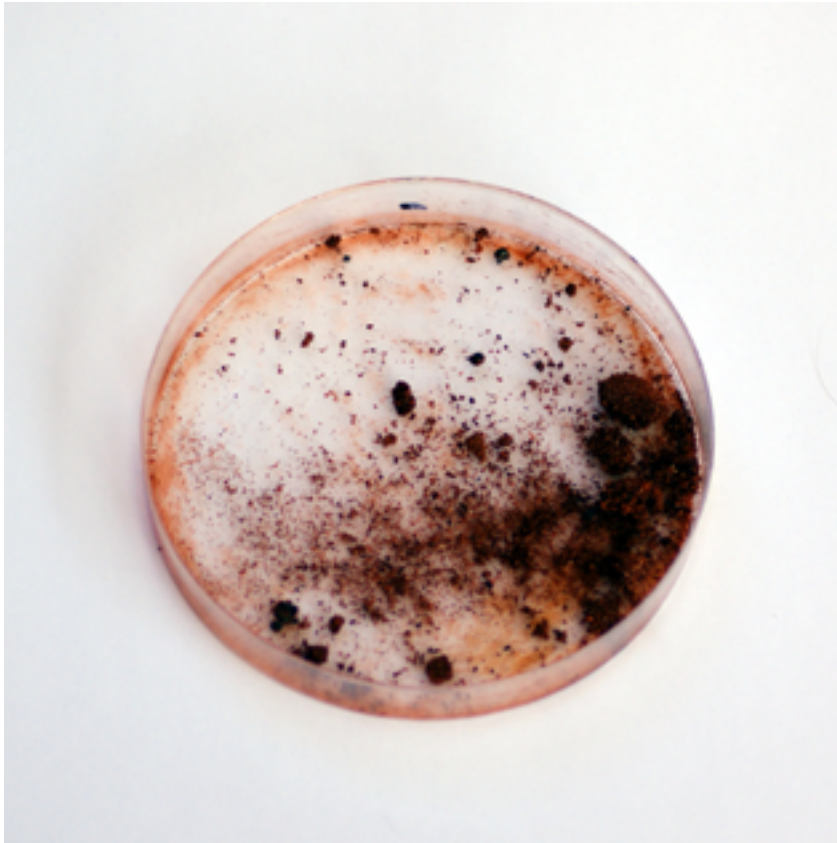


Figura 49 Pigmento seco sa1a. Fuente: Elaboración propia.

Con el colorante extraído, se realizó una primera aproximación al teñido de fibras, para comprobar su capacidad de adherencia a estas. Este fue diluido en agua y se puso en una olla a fuego medio con las fibras.



Figura 50 Teñido de fibras Fuente: Elaboración propia.

Variables y adaptaciones caseras

Debido a las condiciones en que fue desarrollado el proyecto, que resultaron ir en línea con el deseo personal de desarrollar una técnica accesible, se realizaron adaptaciones caseras sencillas para alcanzar parámetros de condiciones de evaluación en la producción de colorante de SA1A, que permitieran posteriormente hacer una selección dentro de estos para definir la metodología más adecuada para la extracción de los colorantes fúngicos.

Medio de cultivo:

El medio de cultivo representa el medio en donde será inoculado y cultivado el micelio. Este puede ser líquido o sólido (este último a través de la adición de un agente gelante), dependiendo de las necesidades de quien cultive. Existen diversas recetas para la preparación de estos medios, con distintos ingredientes que otorgan diferentes fuentes de nutrición de acuerdo a lo requerido. En el trabajo en laboratorio, se suelen emplear medios estandarizados deshidratados, que se preparan adicionando agua destilada en la proporción especificada por el proveedor, en el caso de BioFab, se utilizan medio líquido PDB y medio sólido PDA, por sus siglas en inglés “potato-dextrose broth” (caldo papa-dextrosa) y “potato-dextrose agar” (agar papa dextrosa) respectivamente, estos son medios de cultivo ampliamente utilizados en ciencia por entregar una base rica en nutrientes. Sin embargo, por el contexto casero del desarrollo del proyecto, el medio a utilizar fue preparado, valga la redundancia, caseramente.

En este caso se decidió trabajar con medio de cultivo líquido, ya que estos generan colorantes solubles en el medio y su procesamiento es más simple y económico (Velmurugan et al., 2010).

El medio de cultivo utilizado es una versión casera de medio PDB, este fue preparado de acuerdo a la receta disponible en microbe.org^{*}. Su preparación es ilustrada en las páginas 55 y 56.

* (<https://www.mycrobe.org/blog/2018/7/6/potato-dextrose-agar-pda>)

pH:

La escala de pH mide cuán ácida o básica una sustancia es, ésta va desde el 0 al 14, en donde el valor de pH 7 corresponde a neutro, los valores por debajo de 7 son considerados ácidos y los superiores a 7 son considerados básicos o alcalinos. La escala de pH es logarítmica, así, cada valor de pH por sobre y por debajo de 7 es diez veces más ácido o básico que el número que le sigue en el incremento de su acidez o alcalinidad respectivamente, por ejemplo, el valor de pH 5 es diez veces más ácido que el valor de pH 6 y cien veces más ácido que el 7, así como el valor de pH 10 es diez veces más alcalino que el valor de pH 9 y cien veces más alcalino que el valor de pH 8.

Para el desarrollo de los experimentos, se seleccionaron tres valores de pH inicial del medio, ajustando a 5, 7 y 9 a través del uso de ácido cítrico al 5% para acidificar y soda cáustica 1M para alcalinizar.

Luz/ oscuridad:

Se trabajó con condición de oscuridad constante, aislando las pruebas en un contenedor, luz constante, siendo proporcionada esta por un tubo led de luz blanca y por otra parte en condiciones de luz naturales (luz y oscuridad a lo largo del día)

Tiempo de incubación:

Fueron considerados 20 días de incubación, observando si es que se presentaba un desvanecimiento del color evidente antes de transcurrido ese tiempo.

Temperatura:

A pesar de ser considerada inicialmente esta variable, no fue finalmente tomada como tal, esto debido a la dificultad para mantener las temperaturas deseadas en formato casero, en cambio se consideró una temperatura ambiente templada alrededor de los $\pm 20^{\circ}\text{C}$ con la ayuda de un calefactor oleoeléctrico en la época invernal, sin embargo, con el avance de los meses hacia las temperaturas más cálidas, resultó de mayor complejidad mantener dicha temperatura.

Esterilidad:

Mantener condiciones de esterilidad resulta fundamental para trabajar con el micelio, puesto que se debe reducir la posibilidad de que se generen contaminaciones, es por esto que tanto los medios de cultivo, las placas, bisturís, etc. deben estar estériles al momento de comenzar a trabajar. Para esta función, en laboratorio se utiliza un autoclave, que es un equipo hermético que permite trabajar con vapor de agua a alta presión y temperatura, destruyendo los microorganismos indeseados que pudieran estar presentes.

En casa, se puede utilizar una olla a presión para este propósito, para esto se fabricó una especie de rejilla metálica que permite agregar agua suficiente para el proceso, a la vez que aíslan los elementos a esterilizar del fondo de la olla y del agua.

Al momento de trabajar con el micelio, es también importante generar condiciones de esterilidad en el ambiente, en laboratorio esto se realiza con una campana de flujo laminar, sin embargo, es también posible generar una zona estéril de aproximadamente 20 cm de diámetro con la utilización de un mechero o cocinilla.

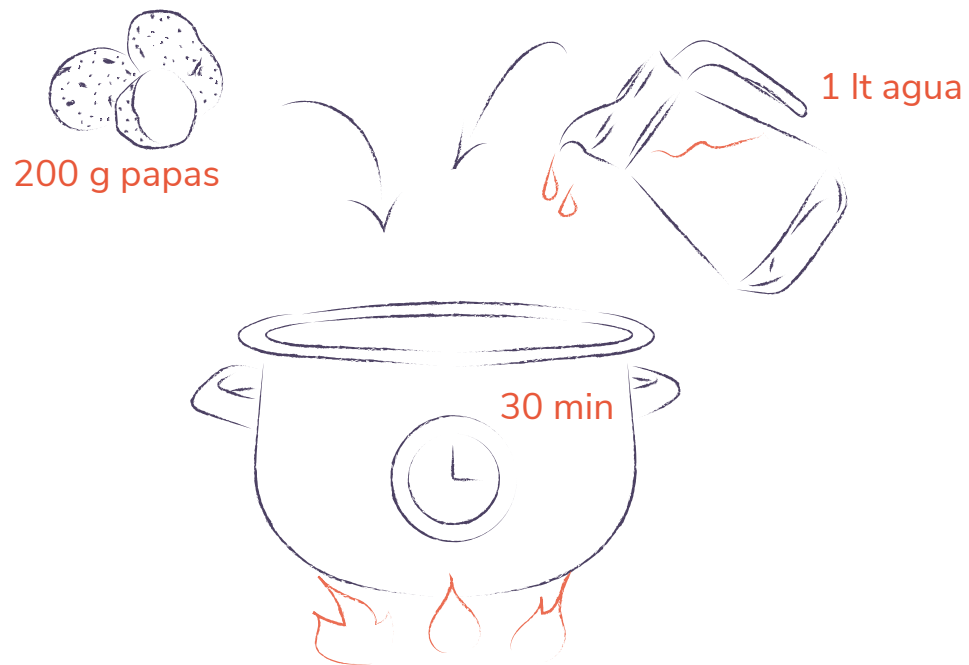
52

Cabe mencionar que al trabajar en formato casero, existe otro grupo de variables que se desprenden de esto y que no fueron consideradas en esta investigación pero que pueden ser exploradas en el futuro, estas corresponden a las papas utilizadas en la elaboración del medio de cultivo (¿Cuán maduras están? , ¿Qué variedad son?), el agua utilizada, fuentes de calor y materialidad de implementos utilizados en la preparación del medio, etc.

Preparación del medio de cultivo

1

Hervir 200 g de papas picadas en un 1 litro de agua por 30 minutos.



2

Filtrar las papas con un colador, reservando la infusión de papa.



3

Si se desea PDB añadir solo 20 g de dextrosa.
En caso de querer PDA, agregar además 15 g de agar agar.
Rellenar con más agua para completar el litro (pues se ha evaporado agua en el proceso anterior).
Hervir para disolver completamente.

54

20 g dextrosa



15 g agar agar



4

Poner en frascos y esterilizar el medio en olla a presión por 15 minutos.

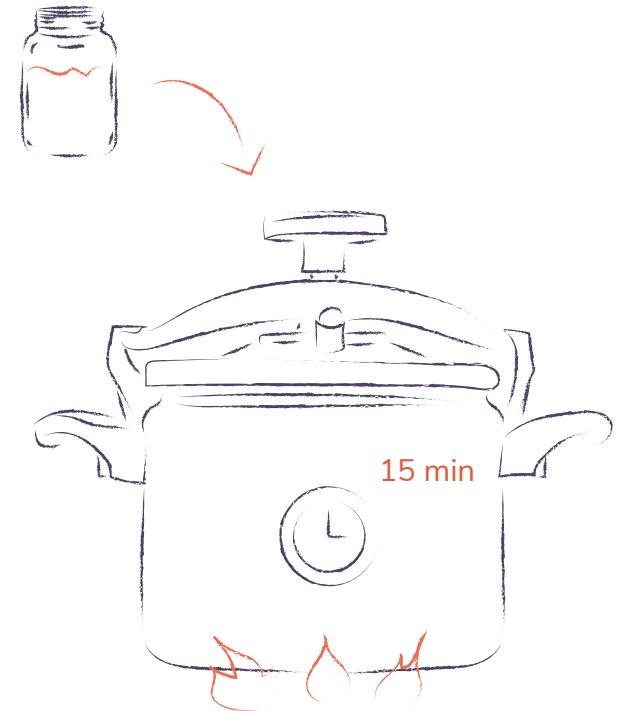


Figura 52 Preparación medio de cultivo Fuente: Elaboración propia.

Experimento 1

Con las variables seleccionadas se realizó el experimento 1. Por cada variable utilizada se realizó un triplicado de muestras, este método suele ser implementado en laboratorios pues existe la posibilidad de contaminación de muestras y, permite además una evaluación comparativa entre estas. Este experimento fue realizado en dos ocasiones, en distintas fechas, con el fin de descartar que posibles factores ajenos al experimento pudieran influir en los resultados, en busca de asegurar la replicabilidad. La primera ronda del experimento es llamada 'Experimento 1.1' y la segunda es llamada 'Experimento 1.2'

Para este experimento, las muestras correspondientes a la variables de luz constante y oscuridad constante fueron realizadas con el caldo de cultivo en pH neutro (valor original del caldo preparado), y los tres ajustes de pH seleccionados como variable fueron incubados en ciclo de luz natural.

Las pruebas se realizaron en frascos de vidrio con tapa rosca metálica, a cada una de las cuales se les realizó un orificio de aprox. 2 mm de diámetro en el centro, el cual fue rellenado de algodón siliconado estéril, esto para permitir el intercambio gaseoso con el exterior, pero a la vez cuidando de que no entren contaminantes al interior, adicionalmente, las tapas de cada frasco fueron cubiertas con papel aluminio, para reducir la posibilidad de contaminantes.

En cada frasco, fueron vertidos 50 ml del caldo de cultivo correspondiente. Cada frasco obtuvo un nombre/código de acuerdo a la variable que representaba, así como al número de triplicado, siendo OO-1, OO-2 y OO-3 correspondientes al triplicado de la variable de oscuridad constante, LL-1, LL-2 y LL-3 correspondientes al triplicado de la variable de luz constante, LO-5-1, LO-5-2 y LO-5-3 correspondientes al triplicado de la variable de pH 5 en ciclo de luz natural, LO-7-1, LO-7-2 y OL-7-3 correspondientes al triplicado de la variable de pH 7 en ciclo de luz natural y LO-9-1, LO-9-2 y LO-9-3 correspondientes al triplicado de la variable de pH 9 en ciclo de luz natural.

Antes de inocular las pruebas, los frascos con el medio líquido fueron esterilizados en olla presión por 15 minutos y luego dejados enfriar.

La inoculación de los frascos se realizó con micelio crecido en placa con medio PDA por una semana antes del día programado para su uso, esto para asegurar un stock de micelio joven disponible. Cada frasco fue inoculado con un trozo de aprox. 5x5 mm².

Las pruebas fueron fotografiadas con cámara reflex digital cada cuatro días para obtener un registro de su progreso, cabe mencionar que los primeros registros del primer experimento, correspondientes al día de inoculación y al cuarto día, fueron fotografiados sobre fondo blanco, con luz natural y los siguientes ajustes de cámara; distancia focal de 18 mm, ISO 200, velocidad de obturación de 1/50 y apertura de diafragma f/5,6. Posterior a eso, se decidió adquirir una caja de luz para fotografía, con el objetivo de obtener resultados con menor variabilidad, considerando que los resultados serían medidos por el registro fotográfico. Los ajustes utilizados desde allí en adelante para el experimento 1.1 y la totalidad de 1.2, fueron los siguientes: fondo blanco, distancia focal de 18 mm, ISO 100, velocidad de obturación de 1/320 y apertura de diafragma f/3,5.

El experimento 1.1 dió inicio el 12-08-2020 y concluyó el 01-09-2020.

El experimento 1.2 dió inicio el 22-09-2020 y concluyó el 12-10-2020.

El siguiente diagrama ilustra a modo de resumen y apoyo visual el proceso metodológico de el experimento 1.1 y 1.2.

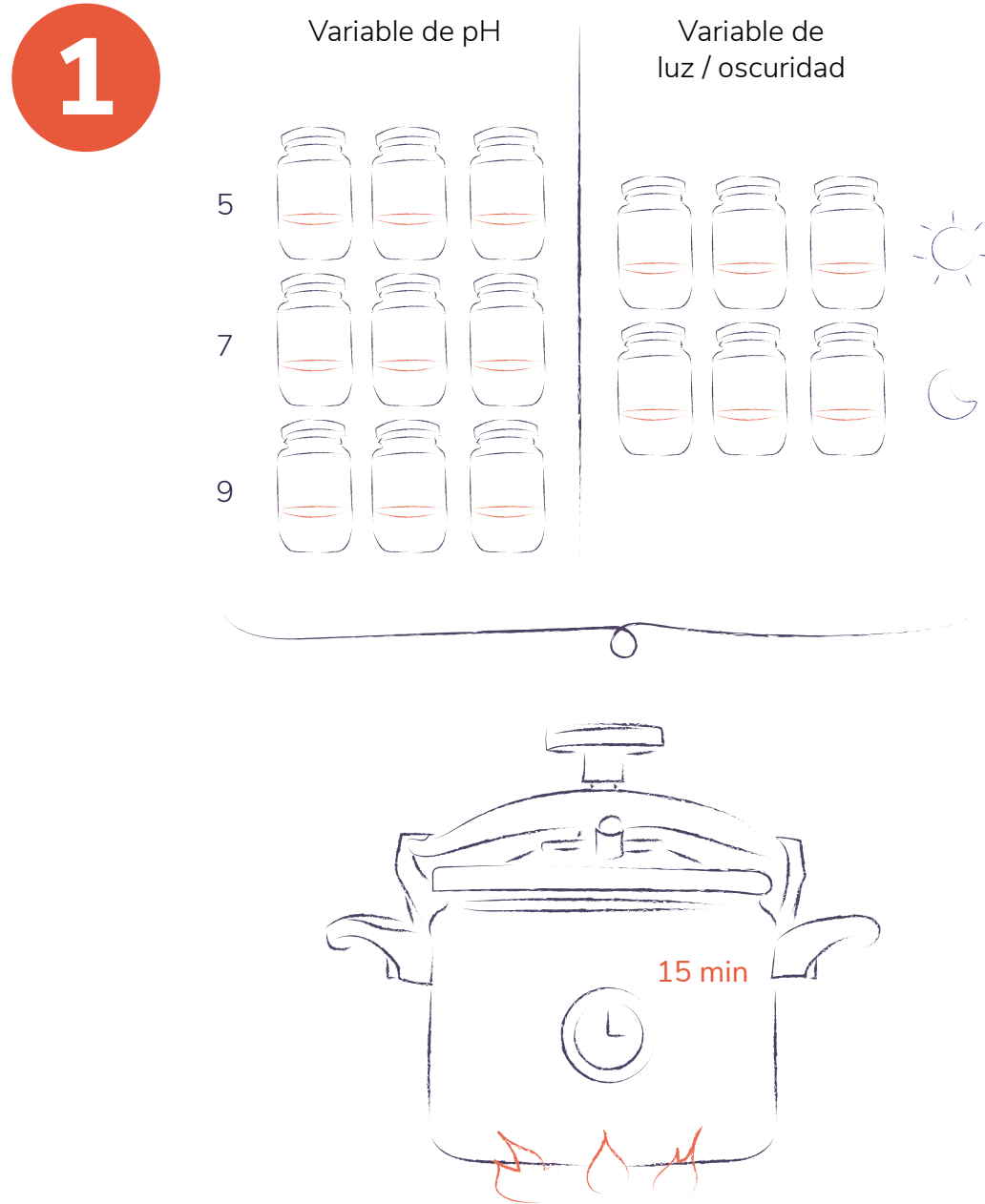
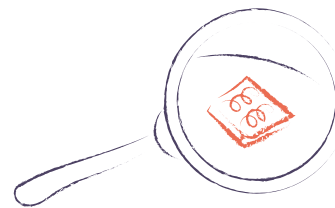
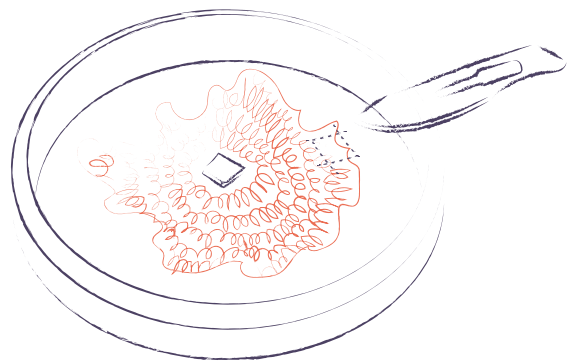


Figura 53 Inoculación Fuente: Elaboración propia.

2

Cortar micelio desde placa



Inocular el medio

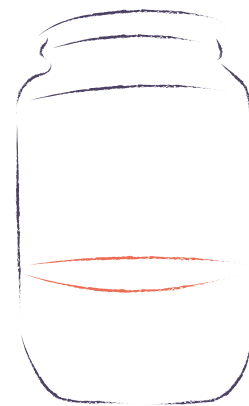
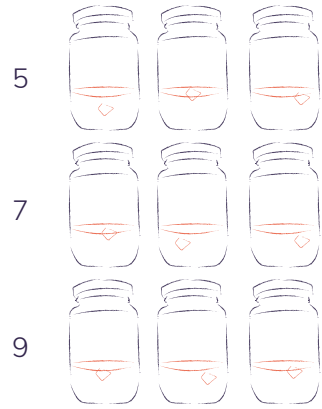


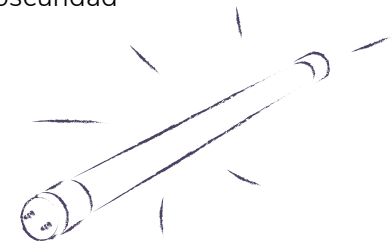
Figura 54 Inoculación Fuente: Elaboración propia.

3

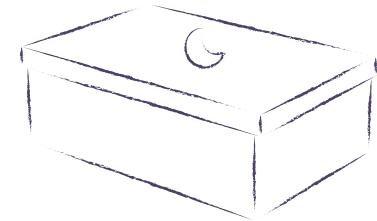
Variable de pH



Variable de luz / oscuridad

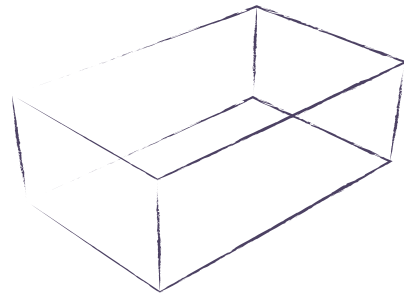


Incubación en luz constante



Incubación en oscuridad constante

Incubación en ciclo natural de luz



58

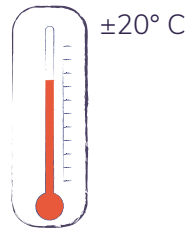


Figura 55 Inoculación Fuente: Elaboración propia.

Resultados:

A continuación se presentan, a modo de tabla, los registros fotográficos obtenidos del desarrollo de los experimentos. Se presentará primero la tabla de resultado de una variable en su primera repetición del experimento (exp. 1.1) , seguida por la tabla de resultado de esa misma variable en su segunda repetición (exp. 1.2), a modo de ir observando con mayor facilidad los resultados de ambas repeticiones para cada una de las variables.




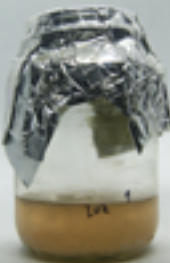
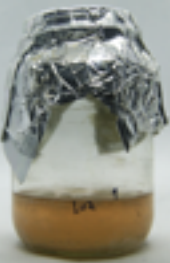




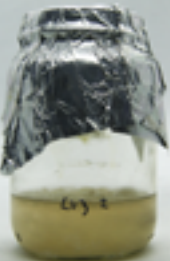
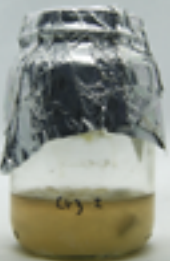







Experimento 1.1 Variable de luz constante	Inoculación	4 días	8 días	12 días	16 días	20 días
LL-1						
LL-2						
LL-3						

Tabla 3 Experimento 1.1 LL. Fuente: Elaboración propia.



















Experimento 1.2 Variable de luz constante	Inoculación	4 días	8 días	12 días	16 días	20 días
LL-1						
LL-2						
LL-3						

Tabla 4 Experimento 1.2 LL. Fuente: Elaboración propia.





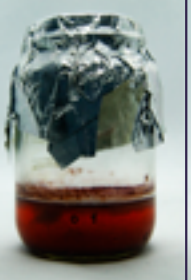




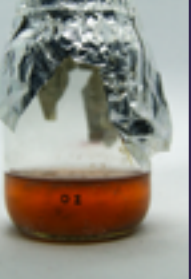
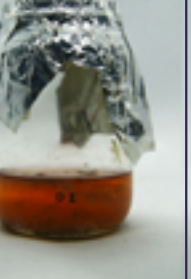
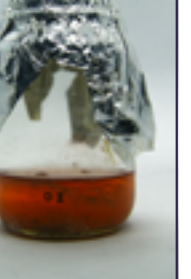




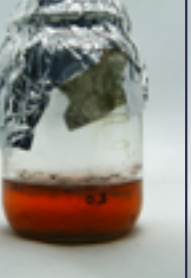

Experimento 1.1 Variable de oscuridad constante	Inoculación	4 días	8 días	12 días	16 días	20 días
OO-1						
OO-2						
OO-3						

Tabla 5 Experimento 1.1 OO Fuente: Elaboración propia.

Experimento 1.2
Variable de oscuridad constante

	Inoculación	4 días	8 días	12 días	16 días	20 días
OO-1						
OO-2						
OO-3						

Tabla 6 Experimento 1.2 OO Fuente: Elaboración propia.



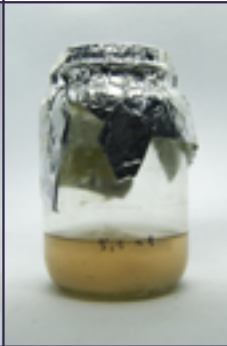

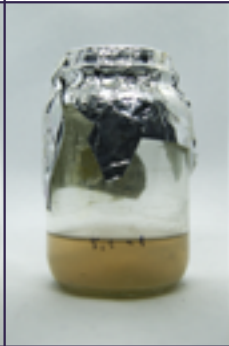



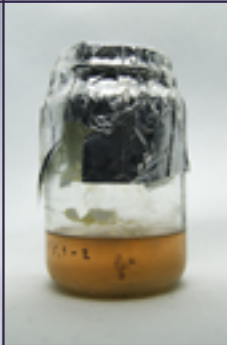
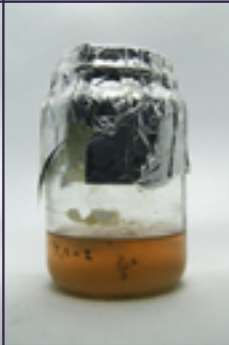
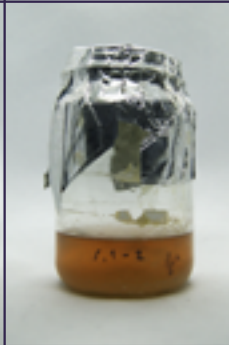
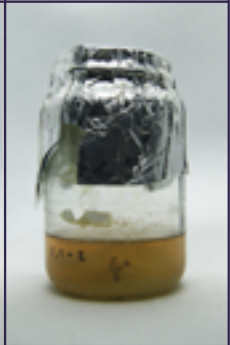
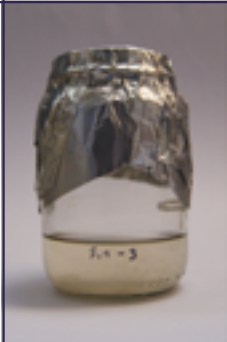

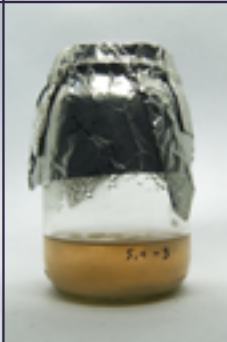
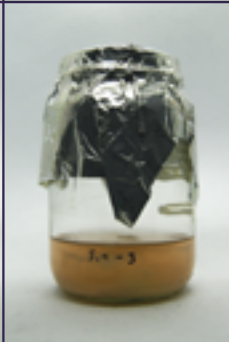
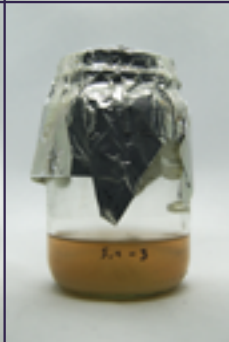
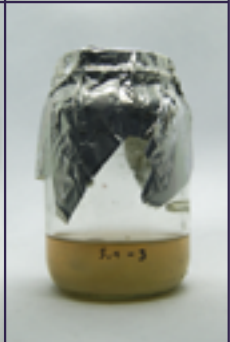
Experimento 1.1 Variable de pH 5 en ciclo de luz natural	Inoculación	4 días	8 días	12 días	16 días	20 días
LO-5-1						
LO-5-2						
LO-5-3						

Tabla 7 Experimento 1.1 LO-5 Fuente: Elaboración propia.

Experimento 1.2
Variable de pH 5 en
ciclo de luz natural

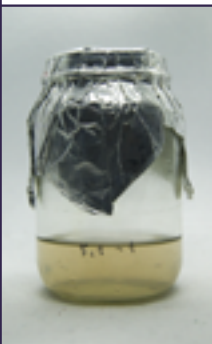
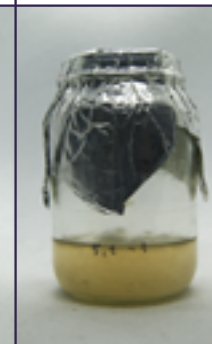
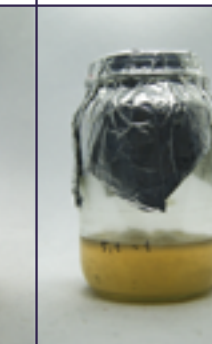
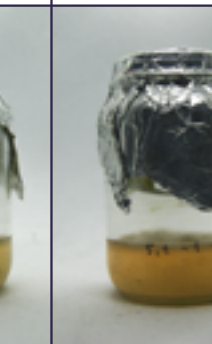
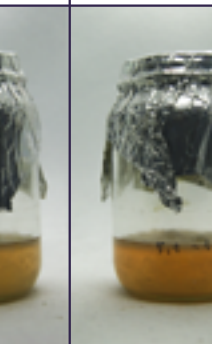
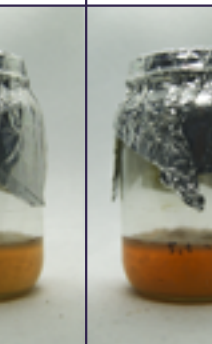

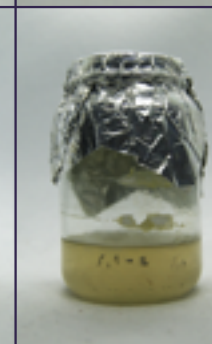
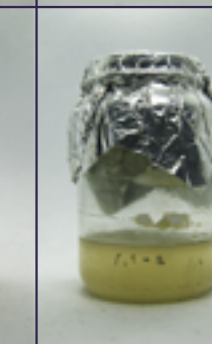
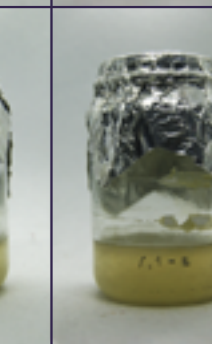
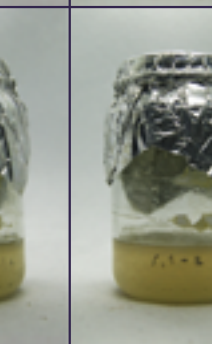
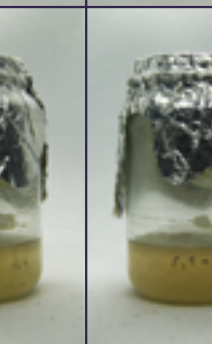
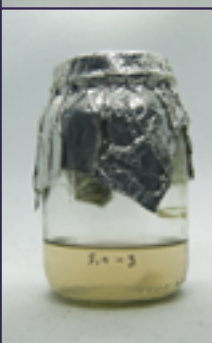

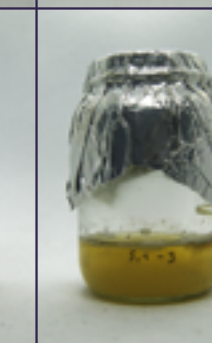
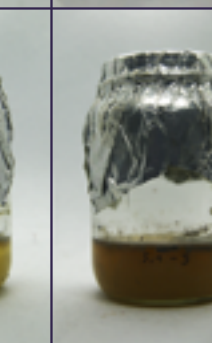
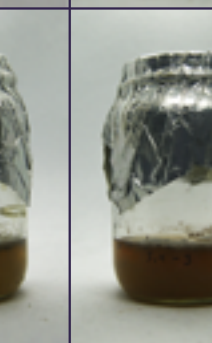
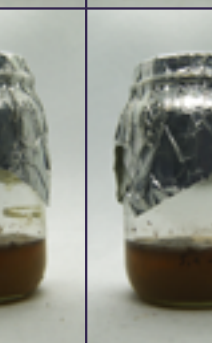
	Inoculación	4 días	8 días	12 días	16 días	20 días
LO-5-1						
LO-5-2						
LO-5-3						

Tabla 8 Experimento 1.2 LO-5. Fuente: Elaboración propia.







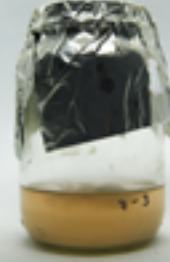
Experimento 1.1 Variable de pH 7 en ciclo de luz natural	Inoculación	4 días	8 días	12 días	16 días	20 días
LO-7-1						
LO-7-2						
LO-7-3						

Tabla 9 Experimento 1.1 LO-7 Fuente: Elaboración propia.

Experimento 1.2
Variable de pH 7 en
ciclo de luz natural



















	Inoculación	4 días	8 días	12 días	16 días	20 días
LO-7-1						
LO-7-2						
LO-7-3						

Tabla 10 Experimento 1.2 LO-7 Fuente: Elaboración propia.

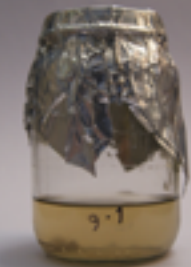



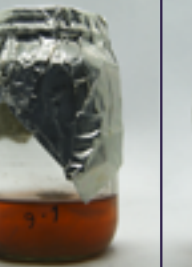




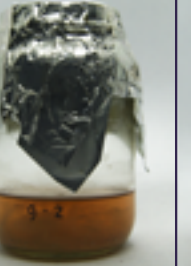
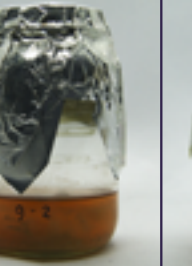
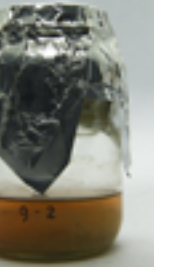



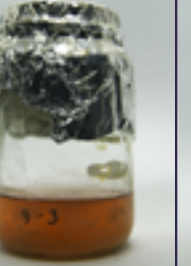
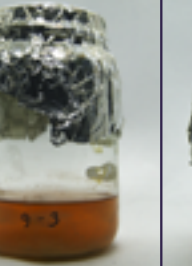
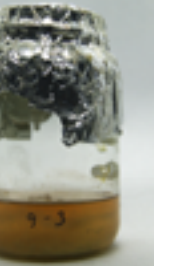
Experimento 1.1 Variable de pH 9 en ciclo de luz natural	Inoculación	4 días	8 días	12 días	16 días	20 días
LO-9-1						
LO-9-2						
LO-9-3						

Figura 11 Experimento 1.1 LO-9. Fuente: Elaboración propia.

Experimento 1.2
Variable de pH 9 en
ciclo de luz natural


















	Inoculación	4 días	8 días	12 días	16 días	20 días
LO-9-1						
LO-9-2						
LO-9-3						

Tabla 12 Experimento 1.2 LO-9. Fuente: Elaboración propia.vv

Una vez transcurrido el período de incubación de 20 días, se filtró cada uno de los frascos, con la ayuda de papel filtro (equivalente a Whatman 1) y esterilizaron las muestras para evitar el crecimiento de nueva materia fúngica.

Se realizó registro fotográfico de las muestras filtradas, en ambos casos, experimento 1.1 y 1.2 para observar de manera más clara el caldo coloreado obtenido, puesto que antes del proceso de filtrado, la biomasa fúngica que crece en los frascos puede alterar la apreciación del color de estos. A continuación, se presentan a modo de tabla los frascos filtrados, esto permite a su vez una visualización ordenada y rápida de los resultados.






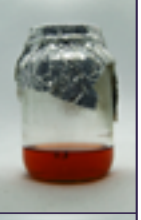








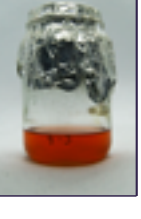
Filtrados del experimento 1.1	1	2	3
LL			
OO			
LO-5			
LO-7			
LO-9			

Tabla 13 Filtrados experimento 1.1. Fuente: Elaboración propia.


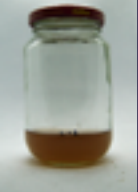



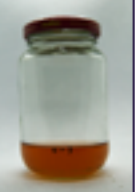


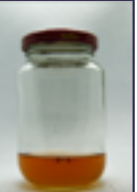




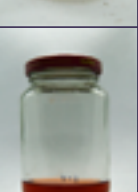
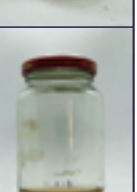
Filtrados del experimento 1.2	1	2	3
LL			
OO			
LO-5			
LO-7			
LO-9			

Tabla 14 Filtrados experimento 1.2. Fuente: Elaboración propia.

Con un medidor de pH digital, se tomó el valor de pH final de cada frasco, siendo expresados en la siguiente tabla.

Código muestra	pH final exp. 1.1	pH final exp. 1.2
LO-5-1	4,8	3,5
LO-5-2	4,7	3,7
LO-5-3	4,2	3,8
LO-7-1	3,5	4,6
LO-7-2	3,7	4,0
LO-7-3	5,2	4,4
LO-9-1	3,9	4,3
LO-9-2	3,9	3,7
LO-9-3	4,1	3,8
LL-1	4,2	3,8
LL-2	4,4	3,8
LL-3	4,7	3,9
OO-1	3,7	3,9
OO-2	4,3	3,8
OO-3	4,3	3,9

Tabla 15 pH final Fuente: Elaboración propia.

El pH de las muestras fue ajustado para observar si el colorante presenta características de halocromía, comprobándose esto. De esta forma, al disminuir el pH hacia los ácidos, el caldo se torna hacia los naranjos, mientras que hacia los pH de rango base, este se torna hacia el morado, pasando por el carmín y violetas.

En la siguiente imagen se puede observar este cambio de color para una de las muestras (LO-5-1, exp. 1.1).

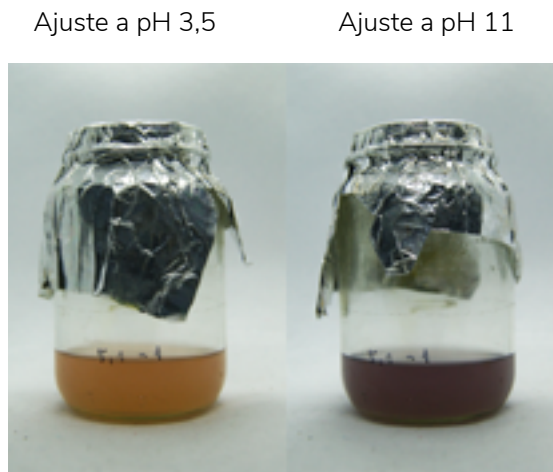


Figura 56 Cambio de color. Fuente: Elaboración propia.

Análisis de resultados experimentos 1.1 y 1.2:

-Resulta notoria la diferencia general entre los resultados obtenidos del experimento 1.1, con sus homólogos experimento 1.2, siendo posible observar que los resultados del experimento 1.1 son en general más homogéneos como grupo.

-La variables de luz constante se observa con menor variabilidad para el resultado triplicado de cada experimento por separado, pero no así al comparar ambos experimentos.

-En el experimento 1.1 todas las muestras generaron, en mayor o menor nivel, coloración del medio, sin embargo, en el caso del experimento 1.2, la muestra LO-9-1 no generó ninguna.

-En el experimento 1.2, las muestras correspondientes a la variable de pH 7, fueron más lentas y complejas de filtrar, resultando en menor cantidad de medio coloreado posterior a este proceso.

-En cuanto al pH, es visible que en todos los casos el medio de cultivo fue acidificado a través del proceso de incubación.

-El viraje de color proporciona una paleta de matices desde el mismo medio de cultivo.

Experimento 2

El experimento 2 se realizó para observar el comportamiento de las variables al ser combinadas. Las muestras fueron preparadas de la misma forma que aquellas correspondientes a los experimentos 1.1 y 1.2 y en duplicados por cada variable. Cada frasco obtuvo un nombre/código de acuerdo a la variable que representaba, así como al número de duplicado, siendo LL-5-1 y LL-5-2 correspondientes al duplicado de las variables de luz constante en valor de pH 5, LL-7-1 y LL-7-2 correspondientes al duplicado de las variables de luz constante en valor de pH 7, LL-9-1 y LL-9-2 correspondientes al duplicado de las variables de luz constante en valor de pH 9, OO-5-1 y OO-5-2 correspondientes al duplicado de las variables de oscuridad constante en valor de pH 5, OO-7-1 y OO-7-2 correspondientes al duplicado de las variables de oscuridad constante en valor de pH 7 y OO-9-1 y OO-9-2 correspondientes al duplicado de las variables de oscuridad constante en valor de pH 9.

El protocolo de inoculación fue el mismo seguido en los experimentos anteriores y, de la misma forma, se siguió el mismo protocolo de registro fotográfico.

El experimento 2 dió inicio el 02-11-2020 y concluyó el 22-11-2020.

Resultados:

A continuación se presentan, a modo de tabla, los registros fotográficos obtenidos del desarrollo del experimento. Las tablas se presentarán de tal forma que sea posible la comparación de cada valor de ajuste de pH para ambas formas de cultivo; en luz constante y en oscuridad constante.

Experimento 2
Variable de pH 5 en
luz constante

74

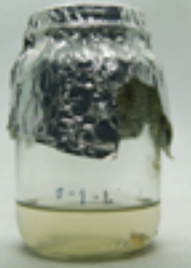



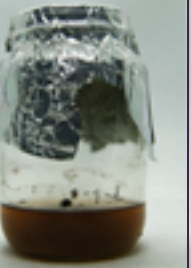

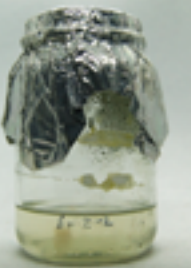




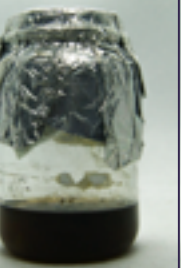
	Inoculación	4 días	8 días	12 días	16 días	20 días
LL-5-1						
LL-5-2						

Tabla 16 Experimento 2 LL-5. Fuente: Elaboración propia.

Experimento 2
Variable de pH 5 en
oscuridad constante

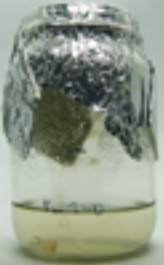







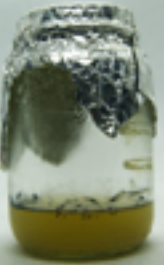



	Inoculación	4 días	8 días	12 días	16 días	20 días
OO-5-1						
OO-5-2						

Tabla 17 Experimento 2 OO-5. Fuente: Elaboración propia.

Experimento 2
Variable de pH 7 en
luz constante

76


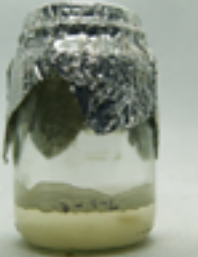
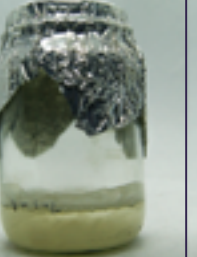
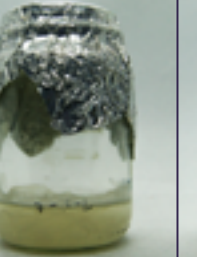
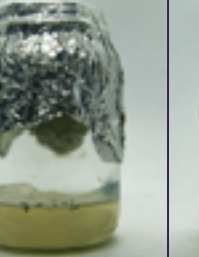
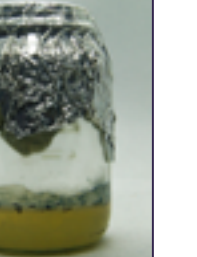
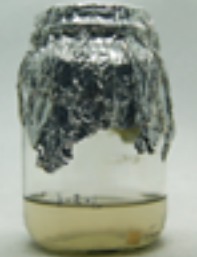
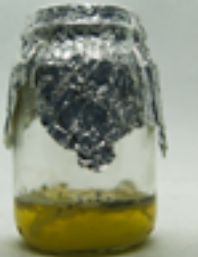
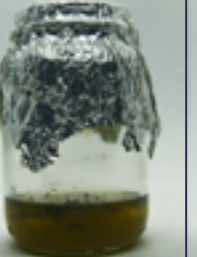
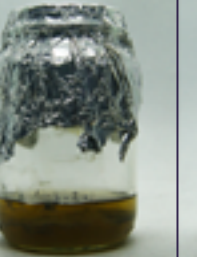
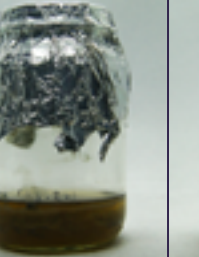
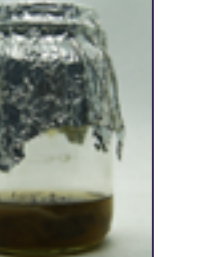
	Inoculación	4 días	8 días	12 días	16 días	20 días
LL-7-1						
LL-7-2						

Tabla 18 Experimento 2 LL-7. Fuente: Elaboración propia.

Experimento 2
Variable de pH 7 en
oscuridad constante


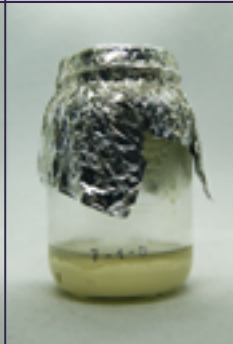
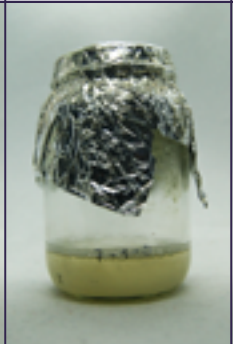
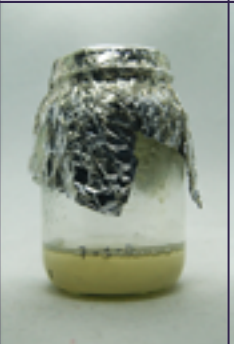




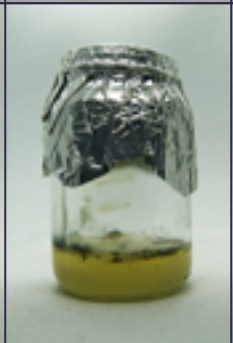



	Inoculación	4 días	8 días	12 días	16 días	20 días
OO-7-1						
OO-7-2						

Tabla 19 Experimento 2 OO-7. Fuente: Elaboración propia.

Experimento 2
Variable de pH 9 en
luz constante

78


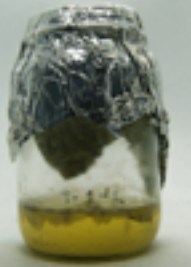
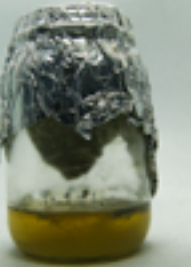



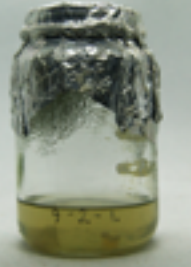
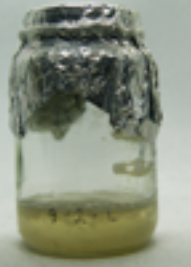
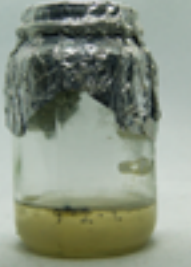
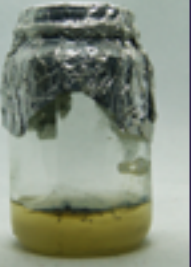
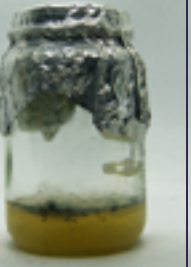

	Inoculación	4 días	8 días	12 días	16 días	20 días
LL-9-1						
LL-9-2						

Tabla 20 Experimento 2 LL-9. Fuente: Elaboración propia.

Experimento 2
Variable de pH 9 en
oscuridad constante



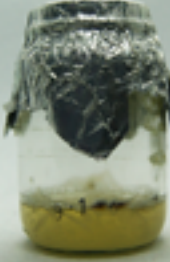
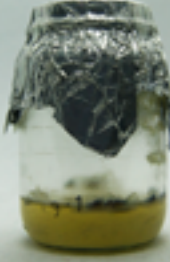







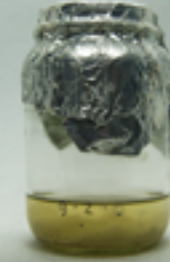
	Inoculación	4 días	8 días	12 días	16 días	20 días
OO-9-1						
OO-9-2						

Tabla 21 Experimento 2 OO-9. Fuente: Elaboración propia.

Una vez transcurrido el período de incubación de 20 días, al igual que en los experimentos anteriores, se filtró cada uno de los frascos y esterilizaron las muestras. Se realizó nuevamente un registro fotográfico de las muestras filtradas, las que se presentan a continuación a modo de tabla.

Filtrados del experimento 2	1	2
LL-5		
OO-5		

Tabla 22 Filtrados experimento 2, pH 5 en luz y oscuridad cte.
Fuente: Elaboración propia.

Filtrados del experimento 2	1	2
LL-7		
OO-7		

Tabla 23 Filtrados experimento 2, pH 7 en luz y oscuridad cte.
Fuente: Elaboración propia.

Filtrados del experimento 2	1	2
LL-9		
OO-9		

Tabla 24 Filtrados experimento 2, pH 9 en luz y oscuridad cte.
Fuente: Elaboración propia.

Se tomó el valor de pH final de cada frasco mediante el uso de tiras medidoras. Los valores obtenidos son expresados en la siguiente tabla.

Código muestra	pH final exp. 2
LL-5-1	4
LL-5-2	6
OO-5-1	4
OO-5-2	4
LL-7-1	7
LL-7-2	7
OO-7-1	6
OO-7-2	6
LL-9-1	7
LL-9-2	7
OO-9-1	7
OO-9-2	5

Tabla 25 pH final. Fuente: Elaboración propia.

Análisis de resultados experimento 2:

-Se puede ver que, en la mayoría de las muestras, el pH descendió, aunque no tan significativamente como en los experimentos 1.1 y 1.2 ya que, en aquellos casos, todas las muestras registraron un pH ácido al finalizar el experimento, lo que no sucedió en este caso, pues se observan muestras resultantes en pH neutro.

-A diferencia de los experimentos 1.1 y 1.2, en donde la variable de pH ajustado a 5 no generó ventajas comparativas en cuanto a la producción de colorante, en este experimento esta variable fue la que produjo mayor concentración de colorante para sus dos variables de cultivo; luz y oscuridad constante.

-Las muestras ajustadas a pH 7 y a pH 9 presentaron coloración en matices amarillos.

Conclusiones generales:

La metodología de trabajo permitió comprobar que si se puede producir coloración desde los medios de cultivo líquido inoculados con micelio del hongo SA1A. A diferencia de otros hongos estudiados en otras investigaciones, el micelio de SA1A produjo coloración en todos los factores observados, tanto en luz y oscuridad como en los ajustes de pH seleccionados, sin embargo, el conjunto de experimentos 1.1, 1.2 y 2 no resultan concluyentes por sí solos en torno a los factores que afectan en la generación de distintos matices y concentración de la coloración. Realizar una repetición de los experimentos en laboratorio, con medio de cultivo estandarizado y utilizando una incubadora en el proceso podría ayudar a obtener resultados más definitivos en ese sentido.

De todas formas, para repeticiones de experimentos siguientes, se considera la eliminación de la variable de luz constante, esto debido a que, en ninguno de los experimentos presentó resultados destacables por sobre otras variables para la producción de coloración, considerándose entonces como un gasto energético innecesario.

Es posible definir una paleta de color, esta está más significativamente dada por el proceso de viraje de color al final de los experimentos que por las diferentes variables en el cultivo en sí mismo, sin embargo, las variables deben seguir siendo exploradas pues podrían ayudar a definir la receta adecuada para obtener un mayor rendimiento en la producción de estos colorantes.

Experimentación con la materia colorante obtenida

Con los resultados obtenidos, se realizaron aproximaciones de uso de estos como tintes y pigmentos.

Tintes

El colorante obtenido en el caldo de cultivo es soluble en su medio y, desde las primeras aproximaciones realizadas en la pre-experimentación, fue posible observar que este tenía afinidad con el material textil, lo que lo convierte en un tinte. En esta oportunidad las fibras serán teñidas al sumergirlas directamente en los tintes obtenidos.

Se prepararon tres tipos de fibras naturales, lino, algodón y lana, estas fueron mordentadas como pretratamiento al teñido.

Mordientes

Los mordientes seleccionados para esto fueron alumbre potásico y soya por no ser tóxicos, ni contaminantes a la hora de ser desechados y por ser además de fácil acceso.

A continuación se describen los pasos seguidos para el mordentado de las fibras.

Mordentado con leche de soya

(Irwin, 2020; Desnos,2016)

Proporciones:

400 g de fibras (hilados y/o textiles)
1 litro de leche de soya (puede ser casera o comercial)
5 litros de agua

Procedimiento:

Mezclar la soya con el agua en un balde.

Remojar las fibras a mordentar previamente en agua para que estén húmedas y sumergirlas en la mezcla de soya y agua.

Dejar las fibras sumergidas por 24 horas en un lugar frío, revolviendo de tanto en tanto, pues la leche y agua tienden a separarse.

Sacar las fibras del remojo, estrujar el exceso de líquido, lavar y secar.

Se puede repetir este proceso para agregar más capas de mordiente si se desea, cuidando de que mientras se seca, guardar la mezcla de leche y agua en un lugar frío.

Esperar al menos una semana antes de teñir, este tiempo es necesario para que la soya se una a las fibras.



Figura 57 Mordentado con leche de soya. Fuente: Elaboración propia.

Mordentado con alumbre:

(Rice, 2007; Aznarez, 2018)

Proporciones:

La cantidad de alumbre a usar equivale al 20% del peso seco de las fibras (hilados y/o textiles) a teñir.

Opcionalmente puede usarse carbonato de sodio al 3% para fibras vegetales o cremor tártaro al 7% para fibras proteicas, pero estos no fueron añadidos en este caso.

Procedimiento:

Remojar las fibras a mordentar previamente en agua para que estén húmedas.

Disolver el mordiente en un contenedor no reactivo (olla enlozada, acero inoxidable) con agua bien caliente.

Agregar suficiente agua al contenedor para cubrir las fibras a mordentar.

Agregar las fibras y poner a fuego medio alto por entre 30-45 minutos.

Dejar las fibras enfriar en el líquido por 20 minutos antes de estilar y enjuagar.

Las fibras pueden ser utilizadas para teñir inmediatamente o pueden dejarse secar.

Alternativamente, se puede realizar el procedimiento en frío, luego de disolver el alumbre en el agua caliente, dejando las fibras en el contenedor por 24 horas, luego de lo cual se enjuaga y están así listas para ser usadas.



Figura 58 Alumbre. Fuente: Elaboración propia.

Teñidos

Una vez listas las fibras a teñir, se prepararon cortes pequeños de 2x1 cm² de telas de algodón y lino y un manojito de similar tamaño de fibras de lana.

Como código para reconocerlas, a las telas mordentadas con alumbre se les hizo un pequeño corte en una esquina, a las mordentadas con soya se les hizo dos cortes uno en cada esquina diagonalmente opuesta, y en el caso de las fibras de lana, se les hizo un nudo para las que fueron mordentadas en alumbre y dos para las mordentadas con soya. Adicionalmente, se dispusieron como control fibras y telas sin mordentar, estas no llevaron ningún corte ni nudo.

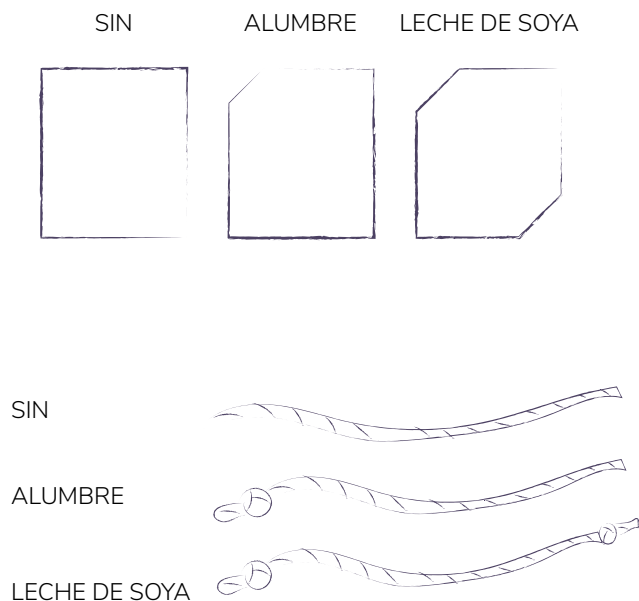


Figura 59 Identificación muestras mordentadas Fuente: Elaboración propia.

En primer lugar se experimentó con el tinte obtenido de la muestra del experimento 1.1, OO-1 por ser esta la que presentó una coloración más saturada y concentrada de colorante en el medio. El tinte fue separado en tres frascos, cada uno con aproximadamente 17 ml, estos fueron ajustados a distintos valores de pH; 3, 7 y 11. Como se comentó anteriormente, el tinte ajustado a pH ácido se vuelve hacia los tonos naranjas y por otro lado, en pH alcalino se torna hacia los violetas. Las muestras fueron sumergidas en cada uno de estos frascos por 24 horas aproximadamente, período tras el cual fueron escurridas y enjuagadas.

Resultados:

Como se puede apreciar a continuación, el teñido resultó exitoso para las variables de ajuste a pH 3 y 7, en el sentido de que el tinte se adhirió a las fibras, sin embargo, esto no fue así para el ajuste de pH 11, en donde el tinte dejó de ser molecularmente compatible con las fibras. Se decidió entonces, experimentar con un valor de pH alcalino pero más cercano al neutro, ajustando el tinte a pH 8 y siguiendo el mismo procedimiento descrito anteriormente, resultando en esta ocasión exitoso.

Se puede observar una paleta que va desde un matiz de naranja a violetas rojizo y violetas azulados.

No se observa mayor diferencia perceptual entre las muestras mordentadas con alumbre y las sin mordentar, excepto en el caso de las muestras correspondientes a fibra proteica, por lo que se evalúa la posibilidad de de uso de otros mordientes o el uso de leche de soya exclusivamente en experimentos futuros.

Se continuó experimentando con el resto de los tintes obtenidos del experimento 1.1. En el capítulo de Registro se presentarán estos resultados.

		Ajuste de pH del tinte											
		pH 3			pH 7			pH 8			pH 11		
Fibras	Algodón												
	Lino												
	Lana												
		Sin	Soya	Alum	Sin	Soya	Alum	Sin	Soya	Alum	Sin	Soya	Alum
		Mordientes											

Tabla 26 Tabla de teñido distintos pH, fibras y mordientes. Fuente: Elaboración propia.

Posterior al proceso de teñido, se realizó una prueba para comprobar si el tinte, una vez fijado a las fibras mantenía su capacidad de halocromía. Para esto, se cargaron dos gotarios conteniendo las soluciones ácida y alcalina que fueron usadas para ajustar previamente el pH, para depositar gotas de estas sobre muestras teñidas. El resultado fue positivo, ya que los textiles lograron cambiar de color al aplicarse uno u otro.

Este resultado entrega una amplia oportunidad de aplicación, tanto para el desarrollo de materiales inteligentes como para la creación artística, a través de estampación por pH, teñido de reserva, etc.



Figura 60 Halocromía. Fuente: Elaboración propia.

Pigmentos:

En búsqueda de generar formas de preservación del colorante, se experimentó con técnicas de elaboración de pigmentos laca, como fue descrito anteriormente, este tipo de pigmentos son fabricados desde caldos tintóreos, transformándose en pigmentos al ser precipitados con una sal metálica y una sustancia alcalina.

Los métodos utilizados para la preparación de estos fueron extraídos desde la receta compartida por la artista Natalie Stopka en sus redes sociales, así como desde la web de Royal society of chemistry.

Se siguieron los siguientes pasos;

Pigmento laca

Proporciones:

Para 1 litro de caldo tintóreo diluido

10 g de alumbre

5 g de carbonato de sodio

Procedimiento:

Diluir el alumbre en 200 ml de agua caliente, mezclar bien y agregar esto al caldo tintóreo.

En otro frasco, diluir el carbonato de sodio en un poco de agua caliente. Agregar de a poco esta mezcla en caldo, mientras se revuelve. Se generará una reacción química efervescente.

Chequear que el pH sea neutro.

Dejar precipitar por 24 horas.

Pasado este tiempo, eliminar cuidadosamente el agua que quedó arriba del precipitado.

Filtrar con la ayuda de un filtro de café o papel absorbente, descartar el líquido filtrado. La pasta que quedó en el filtro es el pigmento laca, pero debe ser enjuagado una vez más, o de otra forma, puede generar pequeños cristales en el proceso de secado.

Poner la pasta obtenida entonces en un frasco y cubrir con agua destilada, reposar por 1 hora y volver a filtrar.

Abrir (aplanar) el filtro y dejar a temperatura ambiente, en un lugar en donde no llegue luz directa, hasta que esté completamente seco.

Una vez seco, moler con la ayuda de un mortero para formar un polvo fino.

Alternativamente se puede guardar la pasta para su uso en ese formato, en este caso, agregar algunas gotas de aceite esencial de clavo de olor, que tiene propiedades antifúngicas, para conservarlo por mayor tiempo. De todas formas, este debe ser conservado en refrigerador.

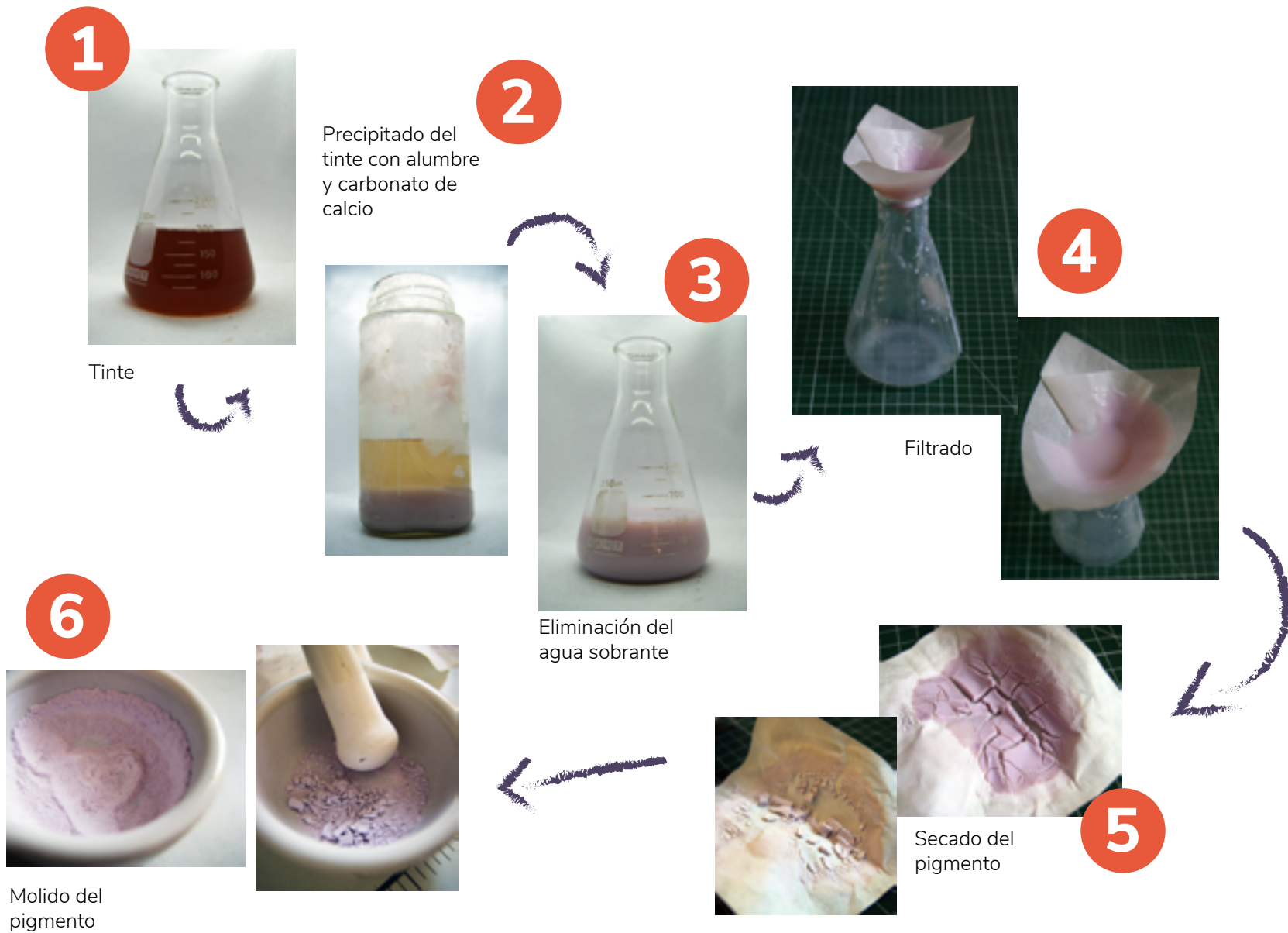


Figura 61. Diagrama elaboración pigmento laca. Fuente: Elaboración propia.



Experimentación usabilidad del pigmento

Los pigmentos pueden ser utilizados para la fabricación de una amplia gama de insumos artísticos, como pinturas al óleo, pasteles secos, pastas de estampado, acuarelas, etc. Variando para cada uno de estos casos, el aglutinante utilizado.

En este caso, se exploró en el desarrollo de acuarelas; para introducirse en ello se tomaron clases en la plataforma de cursos en formato digital 'Domestika' con el artista Curro Gutiérrez y se apoyó este material con videos explicativos de la artista Arleesha Yetzer .

La receta del aglutinante es una adaptación vegana de la original, esta fue recopilada desde la web de Natural Earth paint.

Aglutinante para acuarelas:

Proporciones:

1 parte de agua caliente

½ parte de goma arábica en polvo

1/5 parte glicerina

1 o 2 gotitas de aceite esencial del clavo de olor.

Por cada 9 cucharadas de la mezcla anterior, se utiliza 1 cucharada de humectante (en este caso se utilizó sirope de maíz).

Mezclar el agua y la goma.

Agregar la glicerina.

Incorporar todo bien y agregar el aceite esencial de clavo de olor.

Agregar el humectante en las proporciones señaladas.

Este aglutinante puede ser guardado en el refrigerador por varios meses sin problema.



Figura 62 Materiales aglutinante. Fuente: Elaboración propia.

El proceso de elaboración de la acuarela consiste en mezclar el pigmento con el aglutinante. Para esto se necesitan los siguientes materiales e implementos:

Pigmento
 Aglutinante
 Placa de vidrio
 Pisa pigmento, también llamado moleta de vidrio
 Paletas o espátulas para mezclar e ir recogiendo la mezcla
 Godete
 Mascarilla protectora (polvo en suspensión)

Procedimiento:

Sobre la placa, depositar el pigmento en forma de cerro, hacer un orificio al centro.

Agregar de a poco, gotitas del aglutinante por el rededor y el centro del pigmento.

Mezclar ambos con la ayuda de paletas, de ser necesario, agregar más aglutinante.

Colocar la moleta sobre la mezcla, está muele el pigmento a la vez que integra todo bien, para ello, se mueve esta con movimientos circulares y en forma de ocho. Este movimiento debe ser mantenido por varios minutos hasta varias horas dependiendo del pigmento. Esto asegura que el pigmento quede completamente molido e integrado con el aglutinante.

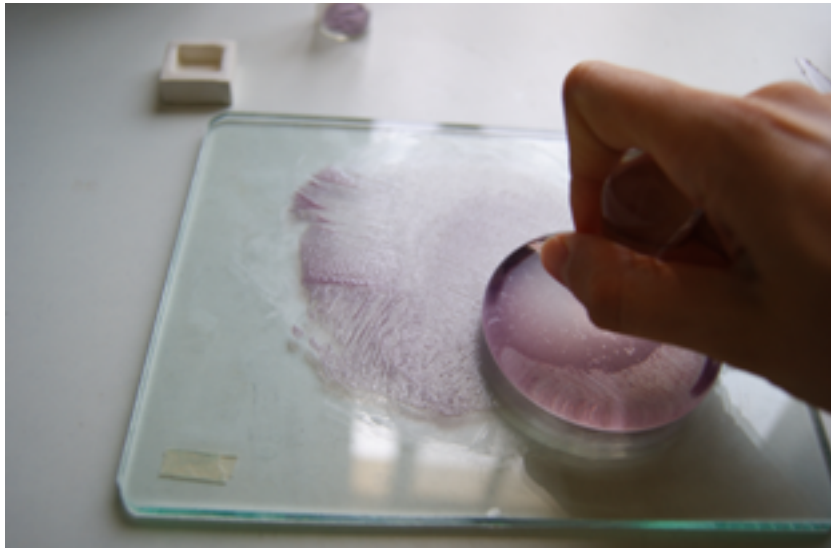
Ayudarse con las paletas o espátulas de tanto en tanto para recoger el pigmento, centrarlo y continuar con el proceso.

Una vez listo, con la ayuda de las espátulas, se rellena el godete con la acuarela.

Se deja secar en lugar libre de polvo.



Figuras 63 y 64 Elaboración de acuarelas. Fuente: Elaboración propia.



Figuras 65 y 66 Elaboración de acuarelas Fuente: Elaboración propia.

Resultados:

Se pudo comprobar que el tinte puede ser transformado a pigmento laca.

Se registró que, en promedio, se obtiene entre 1-2 gramos de pigmento en polvo por cada 50 ml de caldo tintóreo concentrado.

La mezcla del tinte disuelto con el alumbre y carbonato de sodio queda alcalino, tornando el matiz hacia el morado, se trató de acidificar con una solución de ácido cítrico, pero este continuó en el rango alcalino.

Las acuarelas elaboradas, luego de secarse, no son tan fáciles de re-humedecer en comparación a aquellas disponibles en el mercado.

Al utilizarlas, se perciben más espesas que una acuarela tradicional, teniendo poca fluidez.

Los pigmentos obtenidos, en la preparación de la acuarela, poseen baja potencia cromática, esto podría relacionarse con el tiempo de molido del pigmento o con las proporciones utilizadas en la elaboración de la laca.



Figura 67 Pigmento laca Fuente: Elaboración propia.

Comentarios generales etapa experimental

A lo largo de esta etapa se experimentó con distintos oficios, tanto como en la producción y extracción del colorante hasta su posible usabilidad. En el camino se aprendió de muchas técnicas a través de la investigación y aplicación, sin embargo, estas aproximaciones resultan justamente en eso: aproximaciones, ya que como en cada técnica, se requiere inversión de bastante tiempo y práctica para manejarlas y/o explorarlas en mayor profundidad. Es así, como, en el caso de la tintorería, se dejaron afuera de esta extensión del proyecto muchas variables posibles a considerar en el futuro, tales como distintas aplicaciones de mordientes en cuanto a su composición y fase en que aplicarles.

De la misma forma, la elaboración y técnicas de pigmentos laca es un proceso que requiere de mayor investigación y ensayo de proporciones para su implementación en el proyecto, así como su consiguiente uso en insumos de arte.

Así mismo, existen muchas posibilidades a explorar dentro de las técnicas de cultivo del micelio, ya sea en la estandarización de las variables aquí utilizadas, como otras a evaluar.

No se considera lo anterior como algo negativo, al contrario, se presenta como una oportunidad de estudio, investigación y exploración con gran campo.

Capítulo III:

Registros y evaluación

Registro Colorimétrico de muestras teñidas

Se realizó un registro colorimétrico con las muestras obtenidas de la experimentación en tintorería para establecer los límites cromáticos de estas.

Existen instrumentos especializados para estos registros como el espectrofotómetro, este funciona iluminando las muestras de color con luz blanca y calculando la cantidad de luz que estas reflejan en una serie de intervalos de longitudes de onda (Santos, 2009), permitiendo una medición precisa. En el caso de esta investigación, sin embargo, el registro fue realizado con instrumentos caseros, por lo que los resultados carecen de la precisión otorgada por las técnicas profesionales. Se plantea la utilización de un espectrofotómetro como proyección del proyecto.

El registro fue llevado a cabo a través de fotografías realizadas mediante el uso de un escáner y el software de libre acceso ImageJ y el complemento '3D Color Inspector' para este mismo, este complemento permite visualizar la distribución del color en un espacio de color tridimensional, estando disponible la elección de espacio $L^*a^*b^*$.

Se siguieron los siguientes pasos:

-Se determinaron las muestras perceptuales mínimas y máximas (definiendo como mínima o máxima, aquellas muestras que presentaron coloración menos o más concentrada sobre la fibra) para cada uno de los valores utilizados de ajuste de pH del tinte extraído, siendo estos pH 3, pH 7 y pH 8, sobre cada una de las fibras y sus variables de pretratamiento; Algodón, Lino y Lana, sin mordentar, mordentadas con leche de soya y mordentadas con alumbre.

-Se realizaron fotografías de estas muestras por medio de un escáner.

-A través del programa ImageJ y el complemento 3D Color inspector, se obtuvo un promedio de valores de $L^*a^*b^*$ para cada una de las muestras, para esto, se registró cada esquina de la muestra a promediar, obteniendo así cuatro series de coordenadas $L^*a^*b^*$, las cuales fueron luego promediadas para así obtener las coordenadas correspondientes al promedio de color de cada muestra.

Los resultados se representan en las siguientes tablas.


		Tinte ajustado a pH 3		Tinte ajustado a pH 7		Tinte ajustado a pH 8	
		Muestra mínima	Muestra máxima	Muestra mínima	Muestra máxima	Muestra mínima	Muestra máxima
Algodón	Sin mordiente	 L*: 86,5 a*: 13,5 b*: 8	 L*: 78,23 a*: 13,5 b*: 13,5	 L*: 79,25 a*: 14,5 b*: 1,5	 L*: 75,5 a*: 25 b*: 5,5	 L*: 82 a*: 17,5 b*: 3,25	 L*: 72 a*: 16,25 b*: 2,75
	Mordentado con leche de soya	 L*: 75,25 a*: 17,75 b*: 17,5	 L*: 52,25 a*: 33,25 b*: 19,25	 L*: 70 a*: 20,25 b*: 24	 L*: 59,25 a*: 18,75 b*: 3,75	 L*: 72,25 a*: 19,25 b*: -5,75	 L*: 67,25 a*: 17,5 b*: -1
	Mordentado con alumbre	 L*: 85 a*: 11,75 b*: 7,75	 L*: 77 a*: 21,5 b*: 12,25	 L*: 77 a*: 60 b*: 1,75	 L*: 70,75 a*: 24 b*: 5,75	 L*: 80 a*: 15 b*: 3,25	 L*: 69,75 a*: 19,5 b*: 0

Tabla 27 Registro colorimétrico algodón. Fuente: Elaboración propia.



















		Tinte ajustado a pH 3		Tinte ajustado a pH 7		Tinte ajustado a pH 8	
		Muestra mínima	Muestra máxima	Muestra mínima	Muestra máxima	Muestra mínima	Muestra máxima
Lino	Sin mordiente	 L*:81,5 a*:12 b*:6	 L*:72 a*:19,5 b*:9,25	 L*:78,25 a*:13,75 b*:0	 L*:71 a*:19,75 b*:5,75	 L*:73,25 a*:16,75 b*:1,25	 L*:68,75 a*:17,25 b*:2,5
	Mordentado con leche de soya	 L*:78,25 a*:14,5 b*:10,75	 L*:62,25 a*:27,75 b*:16,25	 L*:72,25 a*:13,25 b*:4	 L*:56,75 a*:19,5 b*:3	 L*:68 a*:13,5 b*:4,5	 L*:55 a*:19 b*:0,25
	Mordentado con alumbre	 L*:78,25 a*:11 b*:8,75	 L*:75,5 a*:16,25 b*:9,25	 L*:76 a*:12,5 b*:1,5	 L*:69,25 a*:20,75 b*:6,25	 L*:60,5 a*:12,5 b*:0,5	 L*:76 a*:16,25 b*:2,5

Tabla 28 Registro colorimétrico lino. Fuente: Elaboración propia.



















		Tinte ajustado a pH 3		Tinte ajustado a pH 7		Tinte ajustado a pH 8	
		Muestra mínima	Muestra máxima	Muestra mínima	Muestra máxima	Muestra mínima	Muestra máxima
Lana	Sin mordiente	 L*:76,5 a*:14,5 b*:8,25	 L*:63,5 a*:30,75 b*:17	 L*:79,5 a*:5,75 b*:0,75	 L*:70 a*:12,25 b*:1	 L*:73,5 a*:11 b*:2,75	 L*:71 a*:18,75 b*:-5
	Mordentado con leche de soya	 L*:77 a*:14 b*:9,75	 L*:62 a*:30,25 b*:15,5	 L*:76,25 a*:7,75 b*:1	 L*:69,75 a*:12 b*:0,75	 L*:68 a*:13,25 b*:3,25	 L*:71 a*:21,5 b*:-4,75
	Mordentado con alumbre	 L*:73,5 a*:16,5 b*:11,25	 L*:64,75 a*:28,75 b*:16,25	 L*:72,25 a*:16,5 b*:0,25	 L*:49,5 a*:38,5 b*:-15	 L*:60 a*:28,75 b*:0	 L*:45 a*:44,75 b*:-18,75

Tabla 29 Registro colorimétrico lana. Fuente: Elaboración propia.

Resistencia a la exposición al sol

Para observar el comportamiento de las muestras teñidas al ser expuestas a luz, se realizó una prueba de resistencia. Esta fue desarrollada al exponer un conjunto de muestras de algodón, lino y lana sin mordentar, a la luz natural del sol por el transcurso de un mes. Una parte de cada una de estas muestras fue reservada sin exponer.

Esta prueba fue llevada a cabo en verano, desde el 1ero de enero y hasta el 31 de enero del 2021. Al cabo de este tiempo, las muestras expuestas fueron comparadas con aquellas que no lo fueron y se realizó un registro de color siguiendo el mismo procedimiento descrito anteriormente.

El resultado se presenta en la siguiente tabla, siendo posible observar que todas las muestras percibieron cierto grado de decoloración.







	No expuesta	Expuesta
Algodón	 L*:77 a*:25,75 b*:13,25	 L*:81,5 a*:19,75 b*:8,5
Lino	 L*:73 a*:22 b*:9,25	 L*:76,5 a*:18 b*:9,25
Lana	 L*:72,75 a*:20,25 b*:11,5	 L*:82,25 a*:12,75 b*:10,5

Tabla 30 Exposición al sol. Fuente: Elaboración propia.

Adicionalmente, se pintó con una acuarela elaborada con el pigmento extraído, dos muestras de papel fabriano, una de las cuales fue sometida al mismo proceso de exposición al sol descrito anteriormente. Como se puede observar en la siguiente imagen, el pigmento es bastante fugitivo, ya que la muestra expuesta presenta una decoloración casi completa.

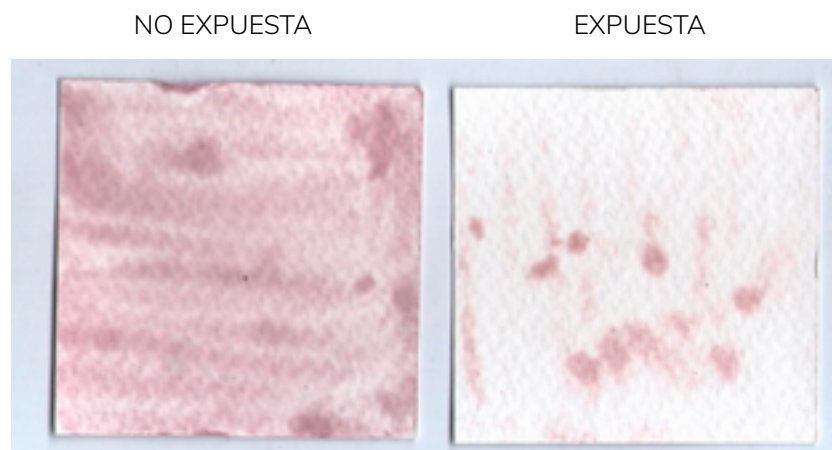


Figura 68 Comparación pigmento expuesto o no al sol. Fuente: Elaboración propia.

Comparación de usabilidad de pigmento laca:

Se realizó una comparación de usabilidad del pigmento laca elaborado con uno adquirido del comercio. El pigmento adquirido fue 'Rojo lacado Oscuro', comprado desde la tienda virtual 'Conservación y Restauración'. La comparación se hizo en base a la elaboración de acuarela siguiendo los pasos y con los mismos instrumentos y aglutinante descritos anteriormente en el capítulo de experimentos.

Se pudo comprobar de esta forma, que el pigmento disponible comercialmente fue más sencillo de trabajar; al procesarlo con la moleta, necesitó de menos aglutinante para mezclarse, perdiendo menos humedad en el proceso. Adicionalmente, este pigmento posee alta potencia cromática y es fácil de re humedecer una vez seco, con bastante fluidez.

Se comprueba de esta forma, que el pigmento laca elaborado a partir del colorante fúngico es inferior comparativamente, lo que confirma la necesidad de mayor estudio y ensayos en el oficio de fabricación de pigmentos laca.



Figura 69 y 70 Elaboración de Acuarela Fuente: Elaboración propia.



Figura 71 y 72 Elaboración de Acuarela Fuente: Elaboración propia.

Fichas de información

Para la organización de los resultados obtenidos a futuro se desarrollaron plantilla de ficha técnica informativa. Se generó una para el trabajo con tintes y otra para el trabajo con pigmentos.

Las fichas permiten registrar de forma ordenada la información correspondiente a cada muestra a registrar. Este tipo de fichas es ampliamente utilizado en tintorería natural, ya que es un formato que condensa gran cantidad de información del proceso y materiales utilizados, generando un archivo de proceso que puede ser consultado por quien lo generó así como por terceras personas que estén interesadas.

FICHA TINTES			
CÓDIGO DE CULTIVO			
FECHA			
INOCULACIÓN	EXTRACCIÓN	TEÑIDO	
FIBRA			
NOMBRE	COMPOSICIÓN	PESO	
MORDIENTE		PROPORCIÓN	
MÉTODO DE TEÑIDO			
FRÍO / CALIENTE	TIEMPO	PROPORCIÓN	pH
TIPO / ORIGEN DEL AGUA		MUESTRA	
OBSERVACIONES			

FICHA PIGMENTOS		
CÓDIGO DE CULTIVO		
FECHA		
INOCULACIÓN	EXTRACCIÓN	LACADO
ELABORACIÓN DEL PIGMENTO LACA		
SUSTRATO	g	CANTIDAD OBTENIDA
BASE	g	OBSERVACIONES PROCESO
ESTADO TINTE	ml	
USO DEL PIGMENTO		
OFICIO	AGLUTINANTE	CANTIDAD
OBSERVACIONES		MUESTRA

Figura 73 Fichas para rellenar Fuente: Elaboración propia.

Comentarios generales

La etapa de registro, a través de las herramientas utilizadas, permite organizar y tabular la información resultada de la aplicación de los experimentos, describiendo así y para este caso, un rango de color determinado por el ajuste de pH del tinte, así como las fibras utilizadas y su tratamiento. El registro colorimétrico realizado, si bien no es preciso, entrega información aproximada de forma concisa, permitiendo vislumbrar el rango cromático de la aplicación del colorante extraído.

Como proyección del proyecto, se espera poder acceder a un espectrofotómetro que permita obtener estos valores de forma precisa, así como la realización del registro para los pigmentos extraídos.

En la misma línea, se espera poder realizar evaluaciones de solidez a la luz y al lavado en laboratorios especializados.

De todas formas, estas evaluaciones podrían ser realizadas una vez que se logren escalar los resultados obtenidos, de forma que se disponga de muestras que permitan observar en mayor extensión las características del tinte y pigmentos.

En este sentido, la creación de las fichas de registro se plantea como un apoyo para la observación de estas características y propiedades.

También se abre el espacio para la reflexión en cuanto a la usabilidad de los resultados, comparando con los materiales y/o técnicas disponibles en el mercado o exploradas de mayor manera. Esto en ningún caso con la intención de determinar la superioridad de una técnica o material por sobre otro, más bien para determinar un objetivo, meta o referente a seguir

Capítulo IV:

Desarrollo de

propuesta y proyecciones

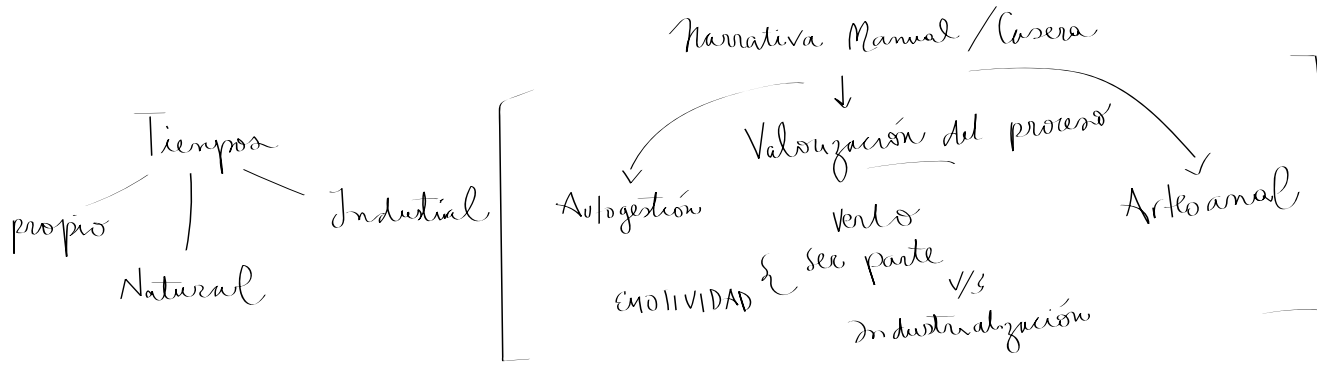
Planteamiento del proyecto Fungicromía

Identidad narrativa y visual

A través de la investigación realizada se proyecta la creación de Fungicromía, este se plantea como un espacio de exploración constante dedicado a los colores y al reino fungi, proponiendo como misión el estudiar e implementar procesos de cultivo y extracción de colorantes fúngicos representados en un oficio transdisciplinar, así como su usabilidad para procesos e insumos artísticos.

Así mismo, y a través de la misión, la visión se plantea en el aportar a la aceptación y valorización del reino fungi en su rol natural y como fuente de colorantes.

Fungicromía está pensado en la elaboración artesanal, respetando tanto el ritmo natural del organismo fúngico estudiado así como el propio, es experiencia personal en el proceso de cultivo, así como se proyecta una experiencia exterior en la presentación de los métodos y resultados, a través del registro continuo de los procesos. En este sentido, el trabajo desde el diseño en un área que se intersecciona con la ciencia, puede aportar en la visualización, acercamiento y apreciación de estos procesos.



Vuelta al terreno natural

Esta vez observar al Reino Fungi ^{Te amo}

Mega ciencia 'olvidada'?

VALORIZACIÓN
ACEPTACIÓN

Desde estos grupos, ¿dónde estoy yo? y tú?

Artesanos que tienen con cuerpos fructíferos ♡

Científicos que extraen colorante del micelio ☆

Ya tenemos a...

Imaginario Fungio

Naturaliza

Suelo
Expansión oculta
Bosque / Cerro / árbol

Lab

Limpieza
Delimitación visible
Medidas
Acero inox.
Vidrio

Lab casero

Usuario?

Experiencia propia → también visualización al exterior de esta

Experiencia exterior

Rechazo ← Podrición

Fungieromía: estudio casa • lab?

Como espacio de exploración constante!

↳ RRSS - página - Contacto

↳ Diseño de formatos ^{grandes} / _{pequeños}

↳ Cómo se distribuye

pigmentos - tintes
¿usémoslos?!

Proyecciones

Protección UV?

Possible Toxicidad

Possible Propiedades

Anti Bacteriano?

Se plantea la presencia del proyecto en el ciberespacio, a través de su presentación en internet y redes sociales, de forma de que exista el contacto con las personas usuarias del contenido. Estas personas están definidas en tres categorías principales:

-Personas artistas, artesanas y/o aficionadas del teñido y pigmentos naturales.

-Personas artistas, artesanas y/o aficionadas del teñido con cuerpos fructíferos de hongos.

-Personas artistas, artesanas y/o aficionadas al mundo de la biofabricación, especialmente aquellas focalizadas en el área de materiales cultivados.

110

De esta forma, tanto el proceso, como la materialización de este en tintes y/o pigmentos resulta relevante para uno u otro grupo.

Algunos referentes importantes de personas y organizaciones que presentan su trabajo relacionado a las categorías establecidas anteriormente fueron presentados con anterioridad en los ejes de Diseño y Biología así como en Colorantes naturales y oficios, figurando la plataforma social 'Instagram' como una plataforma de despliegue de contenido visual de acceso y lectura rápido, así como las páginas web para contenido más extenso e información de productos y/o talleres.

Se presentan a continuación un conjunto de referentes de contenido visual compartido.

Referentes en la imagen

1. The alchemical arts
2. Natalie Stopka
3. Rebecca Desnos
4. World Pigment Day
5. Earth mineral arts
6. Early futures
7. Mycopigments
8. Bergette Pigments
9. Labva
10. Plants & Colour
11. Biology Studio
12. BioFab
13. Fabricademy
14. Material Microbes



Figura 74 Referentes de contenido Fuente: Elaboración propia a partir de referentes nombrados

Narrativa del proceso

Fungicromía comienza desde el suelo, en la naturaleza de crecimiento del micelio del hongo identificado como SA1A, este fue recolectado en 2017 en Santiago por Anibal Arce, siendo traspasado a placa petri y conservado como parte del fungario de BioFab, desde donde a través de la observación de su capacidad de colorear el medio de cultivo, comienza esta investigación, en búsqueda de generar una metodología de cultivo, extracción y aplicación del colorante natural generado por el hongo.

Colorantes de recolección, cultivo y extracción local.

Imaginario fúngico

Se presenta una dualidad en el imaginario fúngico; por un lado, existe un imaginario visual de la funga en su estado natural, esta se representa de mayor manera en forma de cuerpo fructífero, así, se visualiza en el bosque, entremedio de los suelos, creciendo sobre los árboles, en un parque, etc. Cuando estos cuerpos fructíferos no están presentes, existe una expansión oculta de los hongos a través del micelio. Por otra parte, está también la imagen de pudrición, en nuestras casas, algunas especies del reino fungi son capaces de colonizar nuestros alimentos, así como en la huerta pueden parasitar ciertas plantas, causando con ello rechazo y calificándose como indeseado.

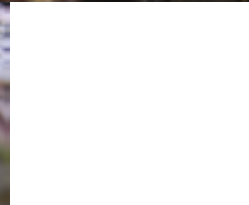


Figura 75 Imaginario fúngico natural Fuente: Fotos nivel superior por Guiselle Torres, fotos nivel inferior de autoría propia.

Por otro lado, el imaginario visual del reino fungi asociado al trabajo en laboratorio es distinto a aquel descrito anteriormente. Los conceptos asociados al laboratorio están relacionados a la pulcritud, esterilidad y al trabajo controlado. Las materialidades son también asociadas a los conceptos anteriores: acero inoxidable, aluminio, vidrio, etc. Existe aquí para los hongos un crecimiento delimitado, visible y aislado.

114

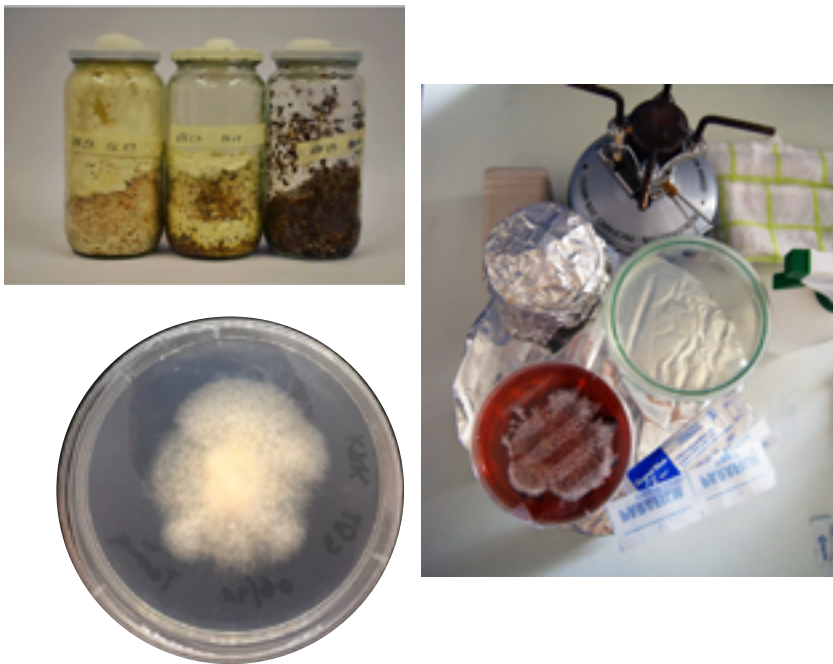


Figura 76 Imaginario fúngico Laboratorio Fuente: Foto esquina superior izq. por Biofab + fotos de autoría propia.

Además de los conceptos nombrados anteriormente, el trabajo que se involucra con la colaboración de organismos vivos, así como sucede en variados oficios, implica relacionarse con la paciencia ligada a la observación y el registro constante, para poder comprender el desarrollo de los procesos, acompañado de una búsqueda continua de aprendizaje que aporte a este entendimiento.

El desarrollo es también, y por todo lo anterior, emocional, ya que y como es explicado por Rognoli y Ayala (sobre materiales DIY), participar en la evolución del proceso, genera un lazo entre lo ideado y quien lo idea, generando con esto una aceptación que ve más allá de las imperfecciones y/o propiedades físicas del resultado (Rognoli y Ayala, 2018). La actividad artesanal, en su amplitud de formas y técnicas, genera emocionalidad en cuanto a la producción de los distintos elementos con los que nos relacionamos, dando lugar a la reflexión.

Fungicromía casa_lab

Se presenta de esta forma el proyecto como un espacio de investigación, exploración y divulgación que poniendo en marcha su misión, sea capaz de ofrecer una alternativa material utilizable en oficios artísticos como la tintorería o la elaboración de pinturas de distinto tipo y características.

Para esto, se definieron formatos de presentación para tintes y pigmentos.

Tintes

Por un lado, los tintes se presentan en formato líquido, listos para su utilización en tintorería.

Por sus características, el tinte podría ser susceptible a la formación de organismos indeseados, por lo que su elaboración se plantea como un producto a pedido.

Se definió este formato luego de estudiar la posibilidad de deshidratar el caldo tintóreo, comprobando que resulta posible generar un material concentrado viscoso que es posible de re-solubilizar en agua con facilidad, sin embargo, el trabajo necesario para recolectar este material resultó en una labor que demanda bastante tiempo para una pequeña cantidad de gramos de colorante.

Es por esto que, y siguiendo la línea narrativa de conocer y respetar los procesos y tiempos de crecimiento y producción de colorantes, se decidió proponerlo en formato a pedido, esta característica, da la posibilidad de interacción con el usuario, haciéndole parte de la narrativa de proceso del producto adquirido.

Pigmentos

Los pigmentos realizados son presentados en formato en polvo, presentándose como insumo propiamente, así como se proyecta su disponibilidad a través de preparaciones elaboradas, vale decir, en formulación de insumos artísticos.

El pigmento en polvo es estable y conservable en condiciones de temperatura ambiente, en un lugar limpio y seco y resguardado de la luz directa, por lo que puede ser preparado con antelación y almacenado.

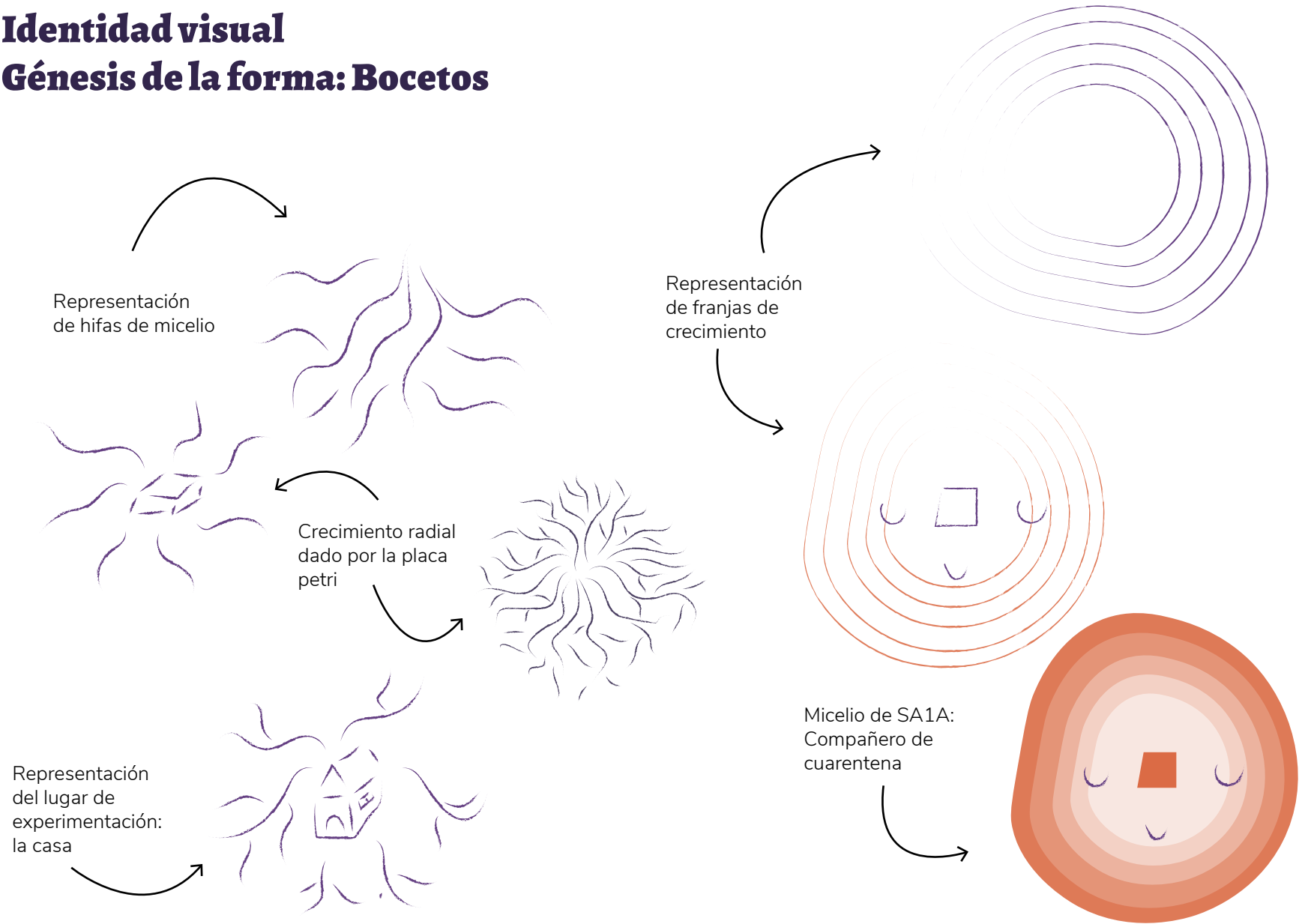
Es importante destacar que estas presentaciones son una proyección del trabajo e investigación llevado a cabo hasta la fecha, ya que, por una parte es necesario continuar la investigación y determinar la metodología para escalar la producción del colorante, y por otra, resulta necesario realizar análisis toxicológicos, ya que, como se comentó en el primer eje de antecedentes ('Reino Fungi'), la producción de metabolitos secundarios fúngicos puede conllevar a la producción de toxinas en algunas especies.

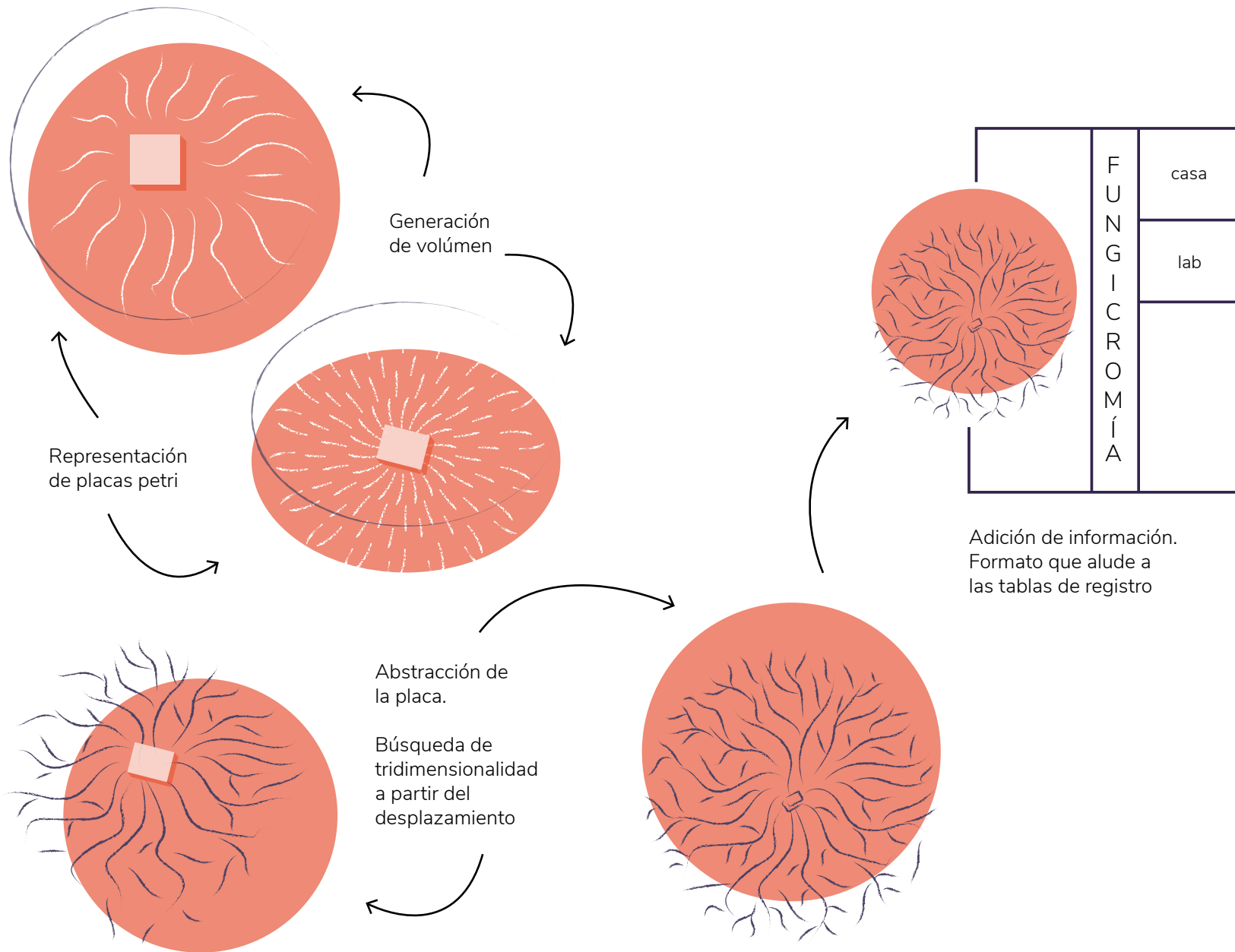
Los servicios de teñidos y estampados, además de talleres de enseñanza también se presentan como una proyección a evaluar.

Identidad visual

Génesis de la forma: Bocetos

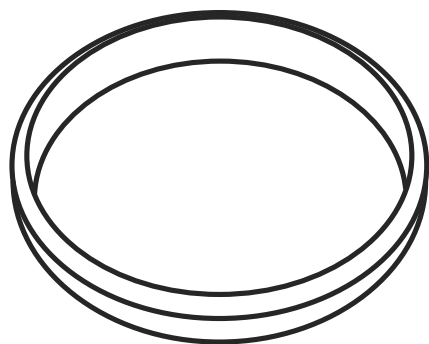
116





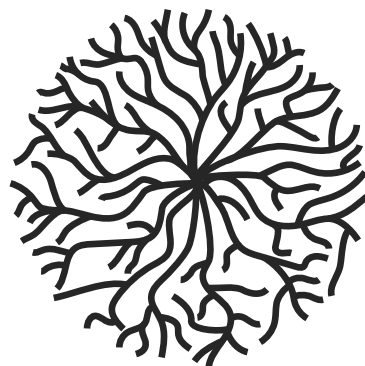
Elementos componentes

118



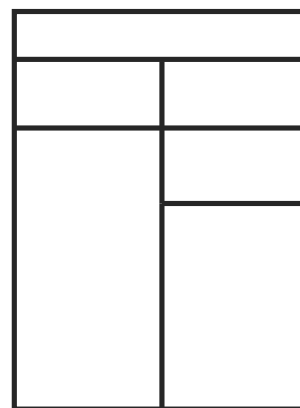
Placa petri

+



Micelio

+

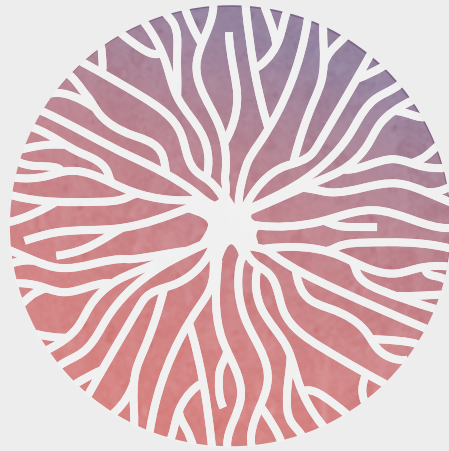


Ficha de registro

+



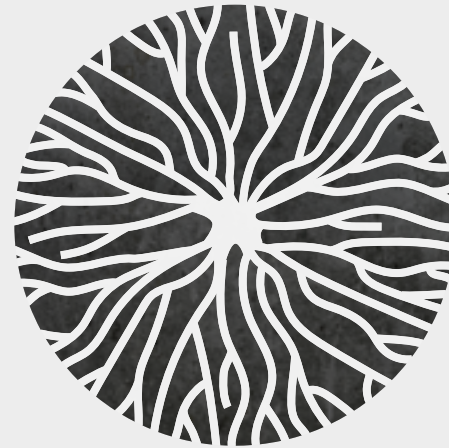
Colores



FUNGI
CRO
MIA

Casa_lab

Se generó un imagotipo cuyos componentes pueden ser reagrupados y dispuestos en distintas formas de acuerdo al contexto de uso, siendo de gran versatilidad.



FUNGI
CRO
MIA

FUNGI
CRO
MIA

Casa_lab

Proyecciones de formato



Figura 77 y 78 Proyecciones de presentación Fuente: Elaboración propia.

Proyecciones de experimentación

122

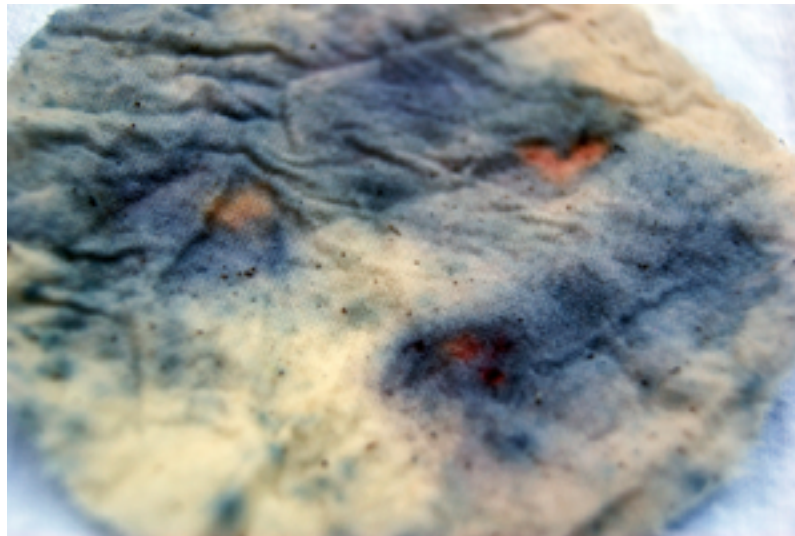


Figura 79 y 80 Inoculación sobre textil Fuente: Elaboración propia

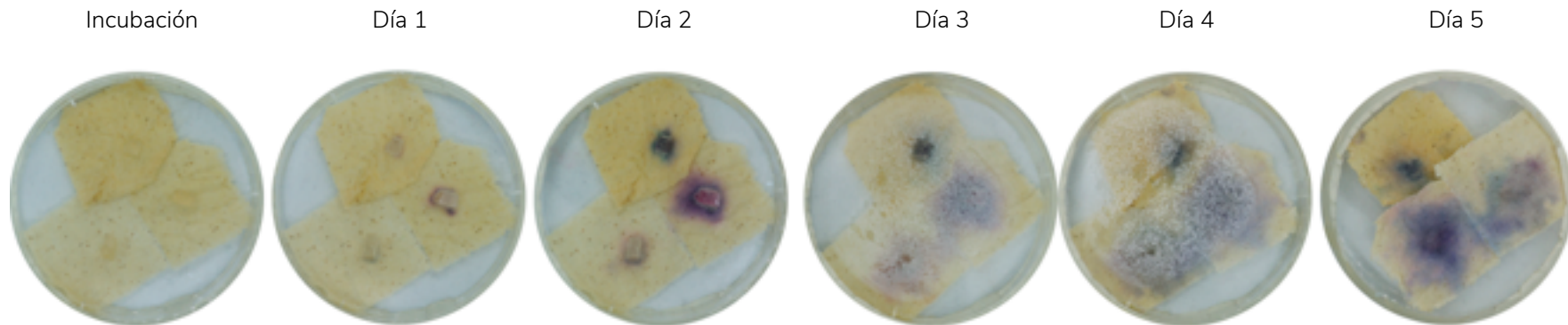


Figura 81 Inoculación en algodón Fuente: Elaboración propia.

Experimento proyectual de cultivo directo en textiles:

Se realizó un experimento inoculando el micelio de SA1A directamente sobre textiles, para observar la posibilidad de producción y fijación del colorante directamente en piezas textiles, para esto se definió sólo una fibra textil a tratar, de forma de tener menos variables a examinar en esta aproximación, siendo en este caso utilizado el algodón. Se utilizó medio de cultivo PDB como fuente de alimento (mismo usado a lo largo de la experimentación ya descrita anteriormente) y se consideró como variable el mordentado previo de las telas; con alumbre y leche de soya, dejando como control algodón sin mordentar.

Proceso:

Las fibras fueron esterilizadas por 45 minutos en olla a presión, posterior a esto, la inoculación se realizó en placas petri, colocando un trozo de agar de aprox. 1x1 cm² sobre cada una de las variables de algodón mordentado y de control. Como se muestra en la figura 81, al cabo del segundo día de incubación, las muestras ya presentan coloración evidente, siendo finalizado el experimento al quinto día.

Este experimento fue realizado en dos ocasiones para observar si el comportamiento del micelio se replicaba. Los resultados pueden observarse en la siguiente tabla.

Se puede observar que los colores predominantes son los violetas azulados y los azules grisáceos.

Ambos el control y la variable mordentada con alumbre presentaron un lenguaje similar, con manchas de apariencia acuosa sobre el algodón, a diferencia de la variable mordentada con leche de soya, la cual generó líneas definidas y un color más concentrado sobre el textil. De los resultados obtenidos de experimentaciones descritas previamente, se podría suponer que el micelio no acidifica el medio. al estar este embebido en la matriz textil, otorgando por tanto estos matices en su coloración.

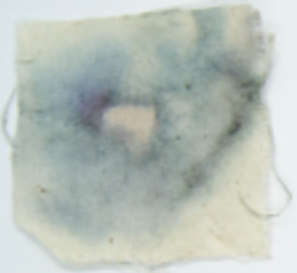
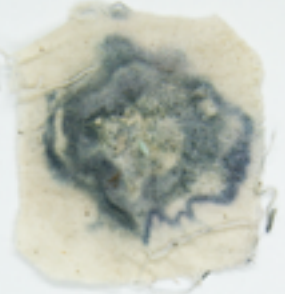
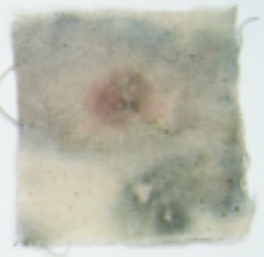
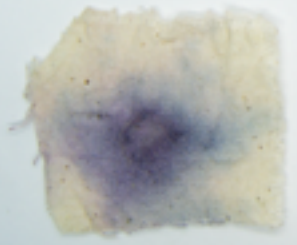
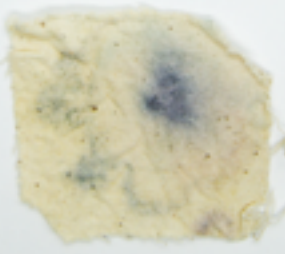

	Alumbre	Leche de soya	Sin mordiente
Prueba 1			
Prueba 2			

Tabla 31 Experimento proyectual Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones:

La metodología seguida, entregó resultados positivos en términos de que efectivamente pudieron ser extraídos colorantes desde el cultivo del hongo SA1A, generando una paleta de color que entregó desde matices naranjas a matices violetas. Sin embargo, los resultados obtenidos no son determinantes, ya que no se consiguió, en esta extensión del proyecto, lograr la replicabilidad de los resultados para las repeticiones del experimento, por lo que solo con estos no es posible definir las variables de cultivo que potencian el desarrollo de colorante para este hongo en particular. Sin embargo, sí pudo observarse que el valor del pH en el caldo tintóreo extraído genera un efecto de cromismo (halocromismo), alterando el color percibido. Es por esto que como proyección, se espera poder realizar el experimento y métodos de cultivo bajo condiciones estandarizadas (medio de cultivo comercial, agua destilada, incubadora), a fin de poder determinar con mayor precisión las variables que potencian la producción de colorante y poder continuar el trabajo de forma más eficiente.

El desarrollo experimental del proyecto, posicionado desde la narrativa de lo manual, lo casero y el trabajo en colaboración con el micelio de un hongo, presenta una reflexión en cuanto a las relaciones productivas y a la valorización de los procesos, a través del respeto por los tiempos propios y de la naturaleza, se permite un desarrollo emocional dado por la observación en la evolución, generando un oficio transdisciplinar que empuja al aprendizaje constante.

A través del proceso de investigación se experimentó con distintas técnicas y oficios, todos los cuales presentan en sí mismos un mundo de conocimiento, es por esto que, se proyecta la continuación de la investigación en ellos, abriendo la posibilidad a más variables y factores a experimentar.



Bibliografía

Alihosseini, F., Ju, K. S., Lango, J., Hammock, B. D., & Sun, G. (2008). Antibacterial colorants: Characterization of prodiginines and their applications on textile materials.

Alissa Allen (@mycopigments) • Fotos y vídeos de Instagram. (s. f.). Recuperado 10 de febrero de 2021, de <https://www.instagram.com/mycopigments/>

Avalos, S. H. (2006). EXPERIENCIAS SORPRENDENTES DE QUÍMICA CON INDICADORES DE pH CASEROS. En Rev. Eureka. Enseñ. Divul. Cien (Vol. 3, Número 1).

Tharakan, M. J. (s. f.). NEOCRAFT: EXPLORING SMART TEXTILES IN THE LIGHT OF TRADITIONAL TEXTILE CRAFTS.

Avalos, J., & Carmen Limón, M. (2015). Biological roles of fungal carotenoids. *Current Genetics*, 61(3), 309–324. <https://doi.org/10.1007/s00294-014-0454-x>

Aznarez, N. (2018). TINTES NATURALES - 3macarrons. <http://3macarrons.com/tintes-naturales/>

Babu, B. R., Parande, A. K., Raghu, S., Prem Kumar, T., Babu, B. R., & Kumar, T. P. (2007). TEXTILE TECHNOLOGY Cotton Textile Processing: Waste Generation and Effluent Treatment. En *The Journal of Cotton Science* (Vol. 11).

Barnett, J. R., Miller, S., & Pearce, E. (2006). Colour and art: A brief history of pigments. *Optics and Laser Technology*, 38(4–6), 445–453. <https://doi.org/10.1016/j.optlastec.2005.06.005>

Bergette Pigments (@bergettepigments) • Fotos y vídeos de Instagram. (s. f.). Recuperado 10 de febrero de 2021, de <https://www.instagram.com/bergettepigments/>

Berns Roy. (2019). *Billmeyer and Saltzman's Principles of Color Technology*. <https://books.google.es/books> Billmeyer %26 Saltzman (2000). *Principles of color Technology* (Third edition ed.).

Bersch, J. (1901). The manufacture of mineral and lake pigments, containing directions for the manufacture of all artificial artists' and painters' colours, enamel colours, soot and metallic pigments.

<https://archive.org/details/manufactureofmin00bersrich/page/xiv/mode/2up>

Better thinking's perfect t-shirt. Dyeing for a change: current conventions and new futures in the textile colour industry. (2006). www.betterthinking.co.uk

Berbers, S. V. J., Tamburini, D., van Bommel, M. R., & Dyer, J. (2019). Historical formulations of lake pigments and dyes derived from lac: A study of compositional variability. *Dyes and Pigments*, 170, 107579. <https://doi.org/10.1016/j.dyepig.2019.107579>

Bick, R., Halsey, E., & Ekenga, C. C. (2018). The global environmental injustice of fast fashion. En *Environmental Health: A Global Access Science Source* (Vol. 17, Número 1, pp. 1–4). BioMed Central Ltd. <https://doi.org/10.1186/s12940-018-0433-7>

Conway, B. R. (2012). Color consilience: color through the lens of art practice, history, philosophy, and neuroscience. *Ann. N.Y. Acad. Sci.* <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2012.06470.x>

BIOFAB UC (@biofab.uc) • Fotos y vídeos de Instagram. (s. f.). Recuperado 24 de febrero de 2021, de <https://www.instagram.com/biofab.uc/>

Biology Studio (@biologystudio) • Fotos y vídeos de Instagram. (s. f.). Recuperado 24 de febrero de 2021, de <https://www.instagram.com/biologystudio/>

Biotechnology Progress, 24(3), 742–747. <https://doi.org/10.1021/bp070481r>

Bonus: Making a Lake Pigment . (s. f.). Recuperado 17 de febrero de 2021, de <https://www.coursera.org/lecture/medieval-europe/bonus-making-a-lake-pigment-uHwko>

Borisova, A. (2019). Study of print paste composition for natural and synthetic textiles. Part 1: Printing of cellulosic fabrics. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 500(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/500/1/012028>

Brakhage, A. A. (2013). Regulation of fungal secondary metabolism. En *Nature Reviews Microbiology* (Vol. 11, Número 1, pp. 21–32). <https://doi.org/10.1038/nrmicro2916>

Calvano, J. L., & López, M. (2004). Argencolor 2004. *Actas* .

Calvo, I. (2014). Cuatro aproximaciones a la Teoría de los colores de Johann Wolfgang von Goethe. <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/144576/cuatro-aproximaciones-a-la-teoria-de-los-colores.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Calvo Ingrid. (2018.). *Fisiología del Color • Proyectacolor*. Recuperado 3 de febrero de 2021, de <https://www.proyectacolor.cl/teoria-de-los-colores/fisiologia-del-color/>

Camere, S., & Karana, E. (2017). Growing materials for product design. www.dezeen.com

Carbajo, J. M. (2015). UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS.

Carole Collet, Director of Sustainable Innovation at Central Saint Martins at Fashion Tech Talks - YouTube. (s. f.). Recuperado 28 de enero de 2021, de <https://www.youtube.com/watch?v=4QyjtDhSKXQ>

Caro, Y., Venkatachalam, M., Lebeau, J., Fouillaud, M., & Dufossé, L. (2017). Pigments and Colorants from Filamentous Fungi. <http://www.springer.com/series/13872>

Casselmann, K. D. (2008). Women in colour: Perceptions of professionalism in natural dyeing during the arts and crafts period. *Textile History*, 39(1), 16–44. <https://doi.org/10.1179/174329508x290460>

Chadni, Z., Rahaman, M. H., Jerin, I., Hoque, K. M. ., & Reza, M. A. (2017). Extraction and optimisation of red pigment production as secondary metabolites from *Talaromyces verruculosus* and its potential use in textile industries. *Mycology*, 8(1), 48–57. <https://doi.org/10.1080/21501203.2017.1302013>

Christie, R. M. (2013). Chromic materials for technical textile applications. En *Advances in the Dyeing and Finishing of Technical Textiles* (pp. 3–36). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1533/9780857097613.1.3>

Ciafardo, M. (2010). ¿Cuáles son nuestras sirenas? Aportes para enseñanza del lenguaje visual. *Revista Iberoamericana de Educación*.

Ciafardo, M. (s. f.). *La Teoría de la Gestalt en el marco del Lenguaje Visual*.

Desnos, R. (2016). *Botanical Colour At Your Fingertips*.

Duarte, A. W. F., de Menezes, G. C. A., e Silva, T. R., Bicas, J. L., Oliveira, V. M., & Rosa, L. H. (2019). Antarctic Fungi as Producers of Pigments. En *Fungi of Antarctica* (pp. 305–318). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-18367-7_14

Dikshit, R., & Tallapragada, P. (2011). *Monascus purpureus* : A potential source for natural pigment production. *Journal of Microbiology and Biotechnology Research*, 1(4), 164–174.

Durán, N., Teixeira, M. F. S., De Conti, R., & Esposito, E. (2002). Ecological-friendly pigments from fungi. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 42(1), 53–66. <https://doi.org/10.1080/10408690290825457>

Ecovative Design. (s. f.). Recuperado 8 de enero de 2021, de <https://ecovatedesign.com/>

Elliot, A. J. (2015). Color and psychological functioning: A review of theoretical and empirical work. En *Frontiers in Psychology* (Vol. 6, Número APR, p. 368). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00368>

Faber Futures. (s. f.). Recuperado 3 de febrero de 2021, de <https://faberfutures.com/>

FFungi. (s. f.). Recuperado 8 de enero de 2021, de <https://ffungi.org/inicio/>

Furci, G. (2007). *Fungi Austral: Guía de campo de los hongos más vistosos de Chile*. www.hongos.cl

García Emna. (2012). Expresión gráfica .

Geweely, N. S. (2011). Investigation of the Optimum Condition and Antimicrobial Activities of Pigments from Four Potent Pigment-Producing Fungal Species . <https://www.researchgate.net/publication/257654776>

Gutiérrez, F. (s. f.). Elaboración de acuarelas artesanales (Scriptorium Yayyan). Curso online | Domestika. Recuperado 17 de febrero de 2021, de <https://www.domestika.org/es/courses/453-elaboracion-de-acuarelas-artesanales>

Hawksworth, D. L. (2001). The magnitude of fungal diversity: The 1.5 million species estimate revisited. *Mycological Research*, 105(12), 1422–1432. <https://doi.org/10.1017/S0953756201004725>

Hawksworth, D. (2009). Mycology: A neglected megascience. https://www.researchgate.net/publication/289830669_Mycology_A_neglected_megascience

Heidi Gustafson 📷 (@heidilynnheidilynn) • Fotos y vídeos de Instagram. (s. f.). Recuperado 10 de febrero de 2021, de <https://www.instagram.com/heidilynnheidilynn/>

Henshilwood, C. S., D'Errico, F., Van Niekerk, K. L., Coquinot, Y., Jacobs, Z., Lauritzen, S. E., Menu, M., & García-Moreno, R. (2011). A 100,000-year-old ochre-processing workshop at Blombos Cave, South Africa. *Science*, 334(6053), 219–222. <https://doi.org/10.1126/science.1211535>

Hickey, S. (s. f.). Material Microbes : A Designer's Colony of Colour.

Hinsch, E. (2015). A Comparative Analysis of Extracted Fungal Pigments and Commercially Available Dyes for Colorizing Textiles.

Hoces De La Guardia, S., Brugnoli, P., & Jélvez, P. (2011). REGISTRO CROMÁTICO EN TEXTILES DE LA CULTURA ARICA EN EL PERÍODO INTERMEDIO TARDÍO: CASO INKUÑAS. 16, 67–92.

How to make a lake pigment paint | Resource | RSC Education. (s. f.). Recuperado 17 de febrero de 2021, de <https://edu.rsc.org/resources/how-to-make-a-lake-pigment-paint/1951.article>

How to Mordant - Botanical Colors. (s. f.). Recuperado 16 de febrero de 2021, de <https://botanicalcolors.com/how-to-mordant/>

INTERNATIONAL SYMPOSIUM / WORKSHOP ON NATURAL DYES . (2006).

INTERVENCIONES: SIMPOSIO–TALLER INTERNACIONAL SOBRE TINTES NATURALES. (2006).

https://wayback.archive-it.org/10611/20160910230530/http://portal.unesco.org/culture/en/files/35781/11962634693Final_report.pdf/Final%2Breport.pdf

Irwin, C. (2020). How To Make A Soy Milk Mordant .
<https://caitlynirwin.com/blog/how-to-make-a-soy-milk-mordant>

Jennison, F. H. (1920). The manufacture of lake pigments from artificial colours. <https://archive.org/details/manufactureoflak00jenn/page/34/mode/2up>

Kant, R. (2012). Textile dyeing industry an environmental hazard. *Natural Science*, 4(1), 22–26. <https://doi.org/10.4236/ns.2012.41004>

Keller, N. P., Turner, G., & Bennett, J. W. (2005). Fungal secondary metabolism - From biochemistry to genomics. *En Nature Reviews Microbiology* (Vol. 3, Número 12, pp. 937–947). <https://doi.org/10.1038/nrmicro1286>

Kenning, G. (2015). "Fiddling with Threads["]: Craft-based Textile Activities and Positive Well-being. *Textile-The Journal of Cloth & Culture*, 13(1), 50–65. <https://doi.org/10.2752/175183515x14235680035304>

Kongsak, B., Rudeewan, T., Sorasak, L., & Suree, P. (2008). Optimization of Submerged Culture for the Production of Naphthoquinones Pigment by *Fusarium verticillioides*. www.science.cmu.ac.th/journal-science/josci.html

LABVA (@somoslabva) • Fotos y vídeos de Instagram. (s. f.). Recuperado 10 de febrero de 2021, de <https://www.instagram.com/somoslabva/>

Lagashetti, A. C., Dufossé, L., Singh, S. K., & Singh, P. N. (2019). Fungal pigments and their prospects in different industries. *En Microorganisms* (Vol. 7, Número 12, p. 604). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/microorganisms7120604>

Langley, M., & O'Connor Sue. (2019). 40,000 Years of Ochre Utilization in Timor-Leste: Powders, Prehensile Traces, and Body Painting Journal Title Link to published version Special Issue: Personal Ornaments in Early Prehistory 40,000 Years of Ochre Utilization in Timor-Leste: Powders, Prehensile Traces, and Body Painting. <https://doi.org/10.4207/PA.2019.ART125>

Lelivelt, R. (2015). The mechanical possibilities of mycelium materials — Eindhoven University of Technology research portal [Eindhoven University of Technology]. <https://research.tue.nl/en/studentTheses/the-mechanical-possibilities-of-mycelium-materials>

LISETH ALVAREZ VALDEZ. (2017). OBTENCIÓN Y UTILIZACIÓN DE PIGMENTOS TEXTILES A PARTIR DE HONGOS FILAMENTOSOS AISLADOS DE SUELOS DEL ALTIPLANO PERUANO.

Lobiano, P. (2020). CONFECCIÓN Y REUTILIZACIÓN: Desarrollo de un método de coloración natural a partir del orujo de uva para el reuso de fibras textiles de algodón. [Universidad de Chile].

Lujan, P., Sanogo, S., Puppala, N., & Randall, J. (2016). Factors affecting mycelium pigmentation and pathogenicity of *Sclerotinia sclerotiorum* on Valencia peanut. *Canadian Journal of Plant Science*, 96(3), 461–473. <https://doi.org/10.1139/cjps-2015-0258>

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

Martínez Reyes, N. (2018). Análisis de características diferenciales entre antocianinas y betacianinas en extractos de plantas mediante pruebas de color.

Margot Guerrero (@earthmineralarts) • Fotos y vídeos de Instagram. (s. f.). Recuperado 10 de febrero de 2021, de <https://www.instagram.com/earthmineralarts/>

Martínez Martínez, A. (2012). QUINONAS Y COMPUESTOS RELACIONADOS.

MacEvoy, B. (2015). handprint : modern color theory (applications). <https://www.handprint.com/HP/WCL/color18b.html#symbolism>

Material Microbes (@materialmicrobes) • Fotos y vídeos de Instagram. (s. f.). Recuperado 24 de febrero de 2021, de <https://www.instagram.com/materialmicrobes/>

McCoy, P. (2016). Radical Mycology.

McDonough, W. (s. f.). Cradle to Cradle . Recuperado 12 de febrero de 2021, de <https://mcdonough.com/cradle-to-cradle/>

Meier, M., Mekis, C., Guerrero, A., Palma, J., Laclote, I., Bilbao, I., & Silva, M. (2016). Tinte Austral: Los Colores del Bosque Valdiviano. www.tinteaustral.cl

Méndez, A., Pérez, C., Montañéz, J. C., Martínez, G., & Aguilar, C. N. (2011). Red pigment production by *Penicillium purpurogenum* GH2 is influenced by pH and temperature. *Journal of Zhejiang University: Science B*, 12(12), 961–968. <https://doi.org/10.1631/jzus.B1100039>

Melo, M. J., Nabais, P., Guimarães, M., Araújo, R., Castro, R., Oliveira, M. C., & Whitworth, I. (2016). Organic dyes in illuminated manuscripts: A unique cultural and historic record. *En Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences* (Vol. 374, Número 2082, p. 20160050). Royal Society of London. <https://doi.org/10.1098/rsta.2016.0050>

Mihaleva, G. (2017). Intertextuality: Tracing meanings through textiles. *Proceedings of the 2016 International Conference on Virtual Systems and Multimedia, VSMM 2016*, 1–3. <https://doi.org/10.1109/VSMM.2016.7863199>

Moroni, L., Boland, T., Burdick, J. A., De Maria, C., Derby, B., Forgacs, G., Groll, J., Li, Q., Malda, J., Mironov, V. A., Mota, C., Nakamura, M., Shu, W., Takeuchi, S., Woodfield, T. B. F., Xu, T., Yoo, J. J., & Vozzi, G. (2018). Biofabrication: A Guide to Technology and Terminology. *En Trends in Biotechnology* (Vol. 36, Número 4, pp. 384–402). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2017.10.015>

Narsing Rao, M. P., Xiao, M., & Li, W.-J. (2017). Fungal and Bacterial Pigments: Secondary Metabolites with Wide Applications. *Front. Microbiol*, 8, 1113. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.01113>

Natalie Stopka (@nataliestopka) • Fotos y vídeos de Instagram. (s. f.). Recuperado 10 de febrero de 2021, de <https://www.instagram.com/nataliestopka/>

Natsai Audrey Chieza: La industria textil es contaminante ¿Es la biología la solución? - English-Video.net. (s. f.). Recuperado 1 de junio de 2020, de <https://www.english-video.net/v/es/5458>

Ochoa Natalia. (2017). Estudio sobre la evaluación y análisis de las características físico-mecánicas y apreciativas de un biopolímero conformado de micelio de hongo ostra y desechos de mimbre.

Ogbonna, C. N. (2016). Production of food colourants by filamentous fungi. *African Journal of Microbiology Research* , 10(26), 960–971. <https://doi.org/10.5897/AJMR2016.7904>

Oliva, V. (s. f.). Anteproyecto V.Oliva.

Osmanova, N., Schultze, W., & Ayoub, N. (2011). Azaphilones: A class of fungal metabolites with diverse biological activities. *Phytochemistry Reviews*, 10(2), 315–342. <https://doi.org/10.1007/s11101-010-9171-3>

Pacheco, C. (2019). Calcáreo, biomateria emergente.

Pfaff, G. (2017). *Inorganic Pigments*. [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=uQA2DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP5&dq=natural+inorganic+pigments&ots=Bh0LeRueS9&sig=4uZGvcnduMBuF-WvkoLPwt1uSmw#v=onepage&q=natural inorganic pigments&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=uQA2DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP5&dq=natural+inorganic+pigments&ots=Bh0LeRueS9&sig=4uZGvcnduMBuF-WvkoLPwt1uSmw#v=onepage&q=natural%20inorganic%20pigments&f=false)

pH Scale. (s. f.). Recuperado 13 de febrero de 2021, de <http://chemistry.elmhurst.edu/vchembook/184ph.html>

Pickering, A. (2005). Decentering sociology: Synthetic dyes and social theory. *Perspectives on Science*, 13(3), 352–405. <https://doi.org/10.1162/106361405774287955>

Pillans, A. (1910). The materials of the painter's craft in Europe and Egypt : from earliest times to the end of the XVIIth century, with some account of their preparation and use. <https://archive.org/details/cu31924016809927/page/n311/mode/2up>

Pisareva, E. I., & Kujumdzieva, A. V. (2010). Influence of carbon and nitrogen sources on growth and pigment production by *monascus pilosus* c1 strain. *Biotechnology and Biotechnological Equipment*, 24, 501–506. <https://doi.org/10.1080/13102818.2010.10817890>

Plants & Colour (@plants_and_colour) • Fotos y vídeos de Instagram. (s. f.). Recuperado 10 de febrero de 2021, de https://www.instagram.com/plants_and_colour/

Pöllänen, S. H., & Weissmann-Hanski, M. K. (2020). Hand-made well-being: Textile crafts as a source of eudaimonic well-being. *Journal of Leisure Research*, 51(3), 348–365. <https://doi.org/10.1080/00222216.2019.1688738>

Potato Dextrose Agar (PDA) — Mycrobe. (s. f.). Recuperado 17 de febrero de 2021, de <https://www.mycrobe.org/blog/2018/7/6/potato-dextrose-agar-pda>

Poyton, C. (s. f.). Frequently Asked Questions about Color. Recuperado 2 de octubre de 2020, de http://www.miszalok.de/Lectures/L11_ColorCoding/ColorFAQ.pdf

Arte del Color. (s. f.).

Silva, R., Fritz, C., Cubillos, J., & Díaz, M. (2010). PROYECTO CONAMA-FPA RM-027-2010 MANUAL PARA LA PRODUCCIÓN DE HONGOS COMESTIBLES (SHIITAKE)

Raman, R., & Bashir, R. (2017). Biomimicry, Biofabrication, and Biohybrid Systems: The Emergence and Evolution of Biological Design. *Advanced Healthcare Materials*, 6(20), 1700496. <https://doi.org/10.1002/adhm.201700496>

Rebecca Desnos • Natural Dyer (@rebeccadesnos) • Fotos y vídeos de Instagram. (s. f.). Recuperado 10 de febrero de 2021, de <https://www.instagram.com/rebeccadesnos/>

Reiche, O. (s. f.). Fibras, tintes, mordientes y procesos tintóreos para algodón y fibras vegetales. Recuperado 13 de febrero de 2021, de <http://www.ideassonline.org/pdf/tintes parte 2.pdf>

Rice, M. (2007). Mushrooms for dyes, paper, pigments & myco-stix.

Riley, J. (2008). Weaving an enhanced sense of self and a collective sense of self through creative textile-making. *Journal of Occupational Science*, 15(2), 63–73. <https://doi.org/10.1080/14427591.2008.9686611>

Rodríguez Jara., S. (2016). Mycelium. Material biobasado, compuesto del micelio del hongo *Trametes versicolor* y cáscaras de nuez *Juglans Regia*. Universidad de Chile.

Rognoli, V., & Ayala García, C. (2018). Materia emocional. Los materiales en nuestra relación emocional con los objetos. *RChD: creación y pensamiento*, 3(4), 1–15. <https://doi.org/10.5354/0719-837x.2018.50297>

Romera Antonio. (1949). Goethe y el color.

Roquero, A. (1995). COLORES Y COLORANTES DE AMÉRICA. En *Anales del Museo de América* (Vol. 3).

Royal society of chemistry. (s. f.). Egyptian pigments and materials. Recuperado 17 de febrero de 2021, de <https://edu.rsc.org/download?ac=14454>

Sabnis, R. W. (2007). *Handbook of Acid-Base Indicators*. <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=EzDbTL9Oah0C&oi=fnd&pg=PP1&dq=acid+alkali+indicators&ots=NfT0-oBQvf&sig=55TRzKIJJO8UczfJuDZGaW87E74#v=onepage&q=Haplochromis&f=false>

Sánchez-Ramos, M. E., & Caldera González, D. del C. (2016). La significación del color y su importancia para la divulgación de la ciencia. Un enfoque cualitativo. 32(13), 540–559.

Santos Espí, P. (2009). Medición del color. www.centro-zaragoza.com

Saxena, S., & Raja, A. S. M. (2014). Natural Dyes: Sources, Chemistry, Application and Sustainability Issues (pp. 37–80). https://doi.org/10.1007/978-981-287-065-0_2

Shrestha, B., Lee, W.-H., Han, S.-K., & Sung, J.-M. (2006). Observations on Some of the Mycelial Growth and Pigmentation Characteristics of *Cordyceps militaris* Isolates. *Mycobiology*, 34(2), 83. <https://doi.org/10.4489/myco.2006.34.2.083>

Silva, R. (2007). Status of natural dyes and dye-yielding plants in India on JSTOR. *Current Science*, 92. https://www.jstor.org/stable/24097672?seq=1#metadata_info_tab_contents

Talens Oliag, P. (2019). Descripción del color en el espacio CIE L*a*b*. <https://www.youtube.com/watch?v=Q7afXHJNpnQ>

Tamayo De Serano, C., De, U., & Sabana, L. (s. f.). Artículo: La estética, el arte y el lenguaje visual. Auto. Recuperado 7 de julio de 2020, de <http://www.periodismo.edu.co>

Textile and Technology Academy (@fabricademy) • Fotos y vídeos de Instagram. (s. f.). Recuperado 24 de febrero de 2021, de <https://www.instagram.com/fabricademy/>

The Alchemical Arts (@thealchemicalarts) • Fotos y vídeos de Instagram. (s. f.). Recuperado 10 de febrero de 2021, de <https://www.instagram.com/thealchemicalarts/>

The Lab | Design & Living Systems Design & Living Systems. (s. f.). Recuperado 29 de enero de 2021, de <http://www.designandlivingsystems.com/about/>

Tudor, D., Robinson, S. C., & Cooper, P. A. (2013). The influence of pH on pigment formation by lignicolous fungi. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 80, 22–28. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2012.09.013>

Vankar, P. S. (2000). Chemistry of natural dyes. *Resonance*, 5(10), 73–80. <https://doi.org/10.1007/bf02836844>

Van Der Schueren, L., & de Clerck, K. (2010). The Use of pH-indicator Dyes for pH-sensitive Textile Materials. *Textile Research Journal*, 80(7), 590–603. <https://doi.org/10.1177/0040517509346443>

Vartiainen, L., & Kaipainen, M. (2012). TEXTILE CRAFT STUDENTS' PERCEPTIONS OF SUSTAINABLE CRAFTS. 43.

Velíšek, J., & Cejpek, K. (2011). Pigments of Higher Fungi: A Review. En *Czech J. Food Sci* (Vol. 29, Número 2).

Bitton, G., Koopman, B., & Wang, H. D. (1984). Baker's yeast assay procedure for testing heavy metal toxicity. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 32(1), 80–84. <https://doi.org/10.1007/BF01607468>

Velmurugan, P., Kim, M. J., Park, J. S., Karthikeyan, K., Lakshmanaperumalsamy, P., Lee, K. J., Park, Y. J., & Oh, B. T. (2010). Dyeing of cotton yarn with five water soluble fungal pigments obtained from five fungi. *Fibers and Polymers*, 11(4), 598–605. <https://doi.org/10.1007/s12221-010-0598-5>

Velmurugan, P., Lee, Y. H., Nanthakumar, K., Kamala-Kannan, S., Dufossé, L., Mapari, S. A. S., & Oh, B. T. (2010). Water-soluble red pigments from *Isaria farinosa* and structural characterization of the main colored component. *Journal of Basic Microbiology*, 50(6), 581–590. <https://doi.org/10.1002/jobm.201000097>

Velmurugan, P., Lee, Y. H., Venil, C. K., Lakshmanaperumalsamy, P., Chae, J. C., & Oh, B. T. (2010). Effect of light on growth, intracellular and extracellular pigment production by five pigment-producing filamentous fungi in synthetic medium. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 109(4), 346–350. <https://doi.org/10.1016/j.jbiosc.2009.10.003>

Venil, C. K., Velmurugan, P., Dufossé, L., Devi, P. R., & Ravi, A. V. (2020). Fungal pigments: Potential coloring compounds for wide ranging applications in textile dyeing. En *Journal of Fungi* (Vol. 6, Número 2). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/jof6020068>

What color are you wearing? | Bioshades. (s. f.). Recuperado 3 de febrero de 2021, de <https://bioshades.bio/creative-research/what-color-are-you-wearing/>

World Pigment Day (@worldpigmentday) • Fotos y vídeos de Instagram. (s. f.). Recuperado 10 de febrero de 2021, de <https://www.instagram.com/worldpigmentday/>

Yaseen, D. A., & Scholz, M. (2019). Textile dye wastewater characteristics and constituents of synthetic effluents: a critical review. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 16(3), 1193–1226. <https://doi.org/10.1007/s13762-018-2130-z>

Yetzer, A. (s. f.). Making my own watercolors! - YouTube. Recuperado 17 de febrero de 2021, de <https://www.youtube.com/watch?v=UMB3Vo3AfYQ&list=PLZv8TbEyU0hcwDCxJ1oJ5Sd5pLsrOHEXB>

Yoshimura, M., Yamanaka, S., Mitsugi, K., & Hirose, Y. (1975). Production of monascus-pigment in a submerged culture. *Agricultural and Biological Chemistry*, 39(9), 1789–1795. <https://doi.org/10.1080/00021369.1975.10861863>

Zhou, J., Barati, B., Wu, J., Scherer, D., & Karana, E. (2021). Digital biofabrication to realize the potentials of plant roots for product design. *Bio-Design and Manufacturing*, 4(1), 111–122. <https://doi.org/10.1007/s42242-020-00088-2>

3D Color Inspector/Color Histogram. (s. f.). Recuperado 01 de febrero de 2021, de <https://imagej.nih.gov/ij/plugins/color-inspector.html>

