



**Evaluación de la remoción del colorante Sky Blue generado durante el proceso de teñido de flores empleando tallos residuales de clavel (*Dianthus caryophyllus*): Estudio de caso Sunshine Bouquet**

Camilo Andrés Riveros Tellez  
Johan Sebastián Toro Quintero

Director:  
William Giovanni Cortés Ortiz

Universidad el Bosque  
Facultad de Ingeniería  
Programa Ingeniería Ambiental  
Bogotá, Colombia  
2022

**Evaluación de la remoción del colorante Sky Blue generado durante el proceso de teñido de flores empleando tallos residuales de clavel (*Dianthus caryophyllus*): Estudio de caso Sunshine Bouquet**

Camilo Andrés Riveros Tellez  
Johan Sebastián Toro Quintero

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:  
**Ingeniero Ambiental**

Director:  
William Giovanni Cortés Ortiz

Grupo de investigación en Química Aplicada  
Semillero de Investigación en Química Sostenible –SIQS-  
Línea de Investigación, Química Aplicada

Universidad El Bosque  
Facultad de Ingeniería  
Programa Ingeniería Ambiental  
Bogotá, Colombia  
2022

# Acta de sustentación



## SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE GRADO

ACTA No: 1307

En las instalaciones de la Universidad El Bosque, se desarrolló la sustentación del trabajo de grado titulado **Evaluación de la remoción del colorante Sky Blue generado durante el proceso de teñido de flores empleando tallos residuales de clavel (*Dianthus caryophyllus*): Estudio de caso Sunshine Bouquet**, con código: 2101-012, desarrollado por **Johan Sebastián Toro Quintero** con C.C. 1019107370 y **Camilo Andrés Riveros Tellez**, con C.C. 1022429863, bajo la dirección de **William Giovanni Cortés Ortiz**, con C.C. 81717237, como requisito parcial para optar por el título de Ingeniero Ambiental. El trabajo fue evaluado por **Javier Quintero Jaramillo** con C.C. 16071952 y **Wilmar Alirio Botello Suarez** con C.C.88031185. Al finalizar la deliberación se concluyó que cumple con los criterios de calidad, por lo que se determina que el documento y su sustentación son **Aprobados**.

En constancia, se firma en Bogotá, D.C., el 25 de mayo de 2022.

**KENNETH OCHOA VARGAS**  
Director  
Programa de Ingeniería Ambiental

**CAREL ELIZABETH CARVAJAL ARIAS**  
Líder Comité de Trabajos de Grado  
Programa de Ingeniería Ambiental

## **Nota de Salvedad de Responsabilidad Institucional**

La Universidad El Bosque, no se hace responsable de los conceptos emitidos por los investigadores en su trabajo, solo velara por el rigor científico, metodológico y ético de este en aras de la búsqueda de la verdad y la justicia.

## Dedicatoria

*Este trabajo de grado está dedicado a DIOS por guiarme en mi formación profesional. A mis padres Javier, Maritza y mi hermana Lina por ser mi apoyo incondicional, por su amor y bondad, gracias por los valores que me inculcaron y su apoyo constante durante este tiempo. Finalmente, a la persona que le dio luz a mis días, mi novia Erika por el apoyo, el amor y la motivación que me brindó para culminar con éxito mi trabajo de grado.*

*A ustedes muchas gracias por brindarme su amor, apoyo en las decisiones que he tomado y en los proyectos que realizare a futuro.*

***Camilo Andrés Riveros Tellez***

## Agradecimientos

*En primer lugar, reiteramos el agradecimiento a DIOS por guiarnos y darnos la fortaleza para cumplir este gran logro. A nuestros padres por su apoyo y motivación constante.*

*Adicionalmente, agradecemos a nuestro director de proyecto William Giovanni Cortés Ortiz por su conocimiento y ser nuestro guía para el cumplimiento de esta meta.*

*Finalmente, a la Universidad el Bosque, que nos brindó las herramientas para formarnos como excelentes profesionales.*

## Tabla de contenido

<i>Resumen</i>	11
<i>Abstract</i>	11
1. <i>Introducción</i>	12
2. <i>Planteamiento del problema</i>	13
3. <i>Pregunta de investigación</i>	14
4. <i>Justificación</i>	15
5. <i>Antecedentes</i>	16
6. <i>Objetivos</i>	18
6.1 <i>Objetivo general</i>	18
6.2 <i>Objetivos específicos</i>	18
7. <i>Marcos de referencia</i>	18
7.1 <i>Marco Geográfico</i>	18
7.2 <i>Estado del arte</i>	20
7.3 <i>Marco Teórico – Conceptual</i>	23
7.3.1 <i>Gestión del recurso hídrico</i>	23
7.3.2 <i>Calidad del agua en el proceso productivo</i>	23
7.3.3 <i>Aguas residuales</i>	24
7.3.7 <i>Residuos sólidos orgánicos</i>	24
7.3.12 <i>Colorante Sky Blue</i>	27
7.4 <i>Marco Legal y Normativo</i>	28
7.6 <i>Marco Institucional</i>	29
8 <i>Metodología</i>	30
8.1 <i>Métodos</i>	30
8.2 <i>Enfoque</i>	30
8.3 <i>Alcance</i>	31
8.4 <i>Técnicas</i>	31
8.5 <i>Instrumentos</i>	31
8.6.1 <i>Primer objetivo: Caracterizar los tallos de flores, para ser empleados como adsorbentes de colorantes residuales del proceso de teñido de flores, empleando normas estandarizadas de caracterización.</i>	32
8.6.2 <i>Recolección de tallos residuales de clavel de la Bouquetera principal Sunshine Bouquet.</i>	32
8.6.3 <i>Preparación de la biomasa</i>	33
8.6.4 <i>Prueba granulométrica</i>	34
8.6.5 <i>Determinación del porcentaje de humedad</i>	35
8.6.6 <i>Determinación de sólidos totales</i>	36
8.6.7 <i>Determinación del porcentaje de cenizas</i>	36
8.6.7 <i>Segundo objetivo: Formular un diseño estadístico, para evaluar la remoción del colorante residual Sky Blue generado en el proceso de teñido de flores, empleando el software estadístico R Studio.</i>	38

8.6.7.1 Variables estudiadas	39
8.6.7.2 Diseño experimental	43
8.6.7.3 Análisis estadístico ANOVA	43
8.6.8 Tercer objetivo: Evaluar el proceso remoción del colorante residual Sky Blue, empleando tallos residuales de clavel, mediante el desarrollo de pruebas discontinuas a escala de laboratorio.	44
8.6.8.1 Toma de muestra de las aguas residuales resultantes del proceso de teñido (Sky Blue)	44
8.6.8.2 Preparación de la solución del colorante Sky Blue	45
8.6.8.3 Curva de calibración	45
8.6.8.4 Pruebas de adsorción en discontinuo	46
8.6.8.5 Lectura en el espectrofotómetro	48
8.6.8.6 Determinación del porcentaje de remoción	48
9. Aspecto Éticos	49
El desarrollo de la presente investigación no requiere aval ético.	49
10. Resultados, análisis y discusión	49
10.1 Objetivo específico 1: Caracterizar los tallos residuales de clavel, para ser empleados como adsorbentes del colorante residual Sky Blue resultante del proceso de teñido de flores, empleando normas estandarizadas de caracterización.	49
10.2 Porcentaje de humedad	49
10.3 Tamizaje	51
10.4 Porcentaje de cenizas	51
10.5 Sólidos totales	52
10.2 Objetivo específico 2: Formular un diseño estadístico, para evaluar la remoción del colorante residual Sky Blue generado en el proceso de teñido de flores, empleando el software estadístico R Studio y Objetivo específico 3: Evaluar el proceso remoción del colorante residual Sky Blue, empleando tallos residuales de clavel, mediante el desarrollo de pruebas discontinuas a escala de laboratorio.	54
10.2.1 Curva de calibración	54
10.2.3 Pruebas de adsorción en reactores discontinuos	56
10.2.4 Efecto de la biomasa en la remoción del colorante	59
10.2.5 Modelo ANOVA	60
11 Conclusiones	62
12 Recomendaciones	63
13 Referencias Bibliográficas	64
14 Anexos	69



## Tabla de Figuras

<b>Figura 1</b> Mapa Bogotá, Bouquetera Sunshine Bouquet .....	20	
<b>Figura 2</b> Estructura química Lignina.....	25	
<b>Figura 3</b> Estructura de la celulosa .....	26	
<b>Figura 4</b> Unidades estructurales de las Hemicelulosas.....	27	
<b>Figura 5</b> Actores directos e indirectos del Marco Institucional.....	30	
<b>Figura 6</b> Recolección tallos residuales de clavel.....	33	
<b>Figura 7</b> Trituración biomasa	<b>Figura 8</b> Biomasa en crisoles.....	33
<b>Figura 9</b> Antes y después del secado de la biomasa.....	34	
<b>Figura 10</b> Proceso de molino y tamizado .....	34	
<b>Figura 11</b> Biomasa después de 24 horas en la estufa	<b>Figura 12</b> Desecador .....	35
<b>Figura 13</b> Muestras de biomasa en la mufla.....	37	
<b>Figura 14</b> Muestras de tallos de clavel después de la calcinación a 600 °C.....	38	
<b>Figura 15</b> Agua residual proceso de tinturado (colorante Sky Blue) .....	44	
<b>Figura 16</b> Mezcla de solución y biomasa .....	46	
<b>Figura 17</b> Mezclas en agitador orbital .....	47	
<b>Figura 18</b> Embudos de filtración .....	47	
<b>Figura 19</b> Celdas con muestra resultante para lectura en espectrofotómetro .....	48	
<b>Figura 20</b> Diagrama de caja y bigotes.....	62	

## Tabla de Ecuaciones

<b>Ecuación 1</b> Determinación del porcentaje de humedad.....	35
<b>Ecuación 2</b> Determinación de solidos totales.....	36
<b>Ecuación 3</b> Determinación del porcentaje de cenizas.....	38
<b>Ecuación 4</b> Determinación de volumen para preparar solución .....	45
<b>Ecuación 5</b> Porcentaje de remoción.....	48

## Tablas de Datos

<b>Tabla 1</b> Estado del arte .....	20
<b>Tabla 2</b> Normativa Colombiana respecto a la industria floricultora.....	28
<b>Tabla 3</b> Variables utilizadas en proyectos de remoción de colorantes con adsorbentes .....	40
<b>Tabla 4</b> Diseño factorial multinivel para la remoción del colorante Sky Blue empleando tallos residuales de clavel .....	43
<b>Tabla 5</b> Pérdida de masa luego de una hora más en el horno para el proceso de secado. ....	49
<b>Tabla 6</b> Determinación del porcentaje de humedad.....	50
<b>Tabla 7</b> Determinación del porcentaje de cenizas.....	52
<b>Tabla 8</b> Determinación del porcentaje de solidos totales.....	53
<b>Tabla 9</b> Datos obtenidos en la curva de calibración .....	55

<b>Tabla 10</b> Porcentaje de remoción del colorante Sky Blue empleando 1.00 g de tallos de clavel.....	56
<b>Tabla 11</b> Porcentaje de remoción del colorante Sky Blue empleando 2.00 g de tallos de clavel.....	58
<b>Tabla 12</b> Anova interacción Tiempo: Biomasa con respecto a la remoción obtenida.....	60
<b>Tabla 13</b> Test de Tukey para variable tiempo .....	61
<b>Tabla 14</b> Prueba de Tukey interacción tiempo: biomasa respecto a remoción.....	62

## **Tabla de Graficas**

<b>Gráfica 1</b> Longitud de onda y mayor absorbancia colorante Sky Blue.....	55
<b>Gráfica 2</b> Curva de calibración obtenida .....	56
<b>Gráfica 3</b> Porcentajes de remoción empleando 1.00 g de biomasa .....	57
<b>Gráfica 4</b> Porcentajes de remoción empleando 2.00 g de biomasa .....	58
<b>Gráfica 5</b> Porcentajes de remoción para 1 y 2 gramos de biomasa.....	59

## Resumen

El sector agroindustrial de flores es uno de los pilares más importantes en la economía colombiana, debido a la creciente producción y exportación que se ha venido presentando en los últimos años. En la empresa Sunshine Bouquet se resaltó un aspecto de mejora que son las aguas residuales resultantes del proceso de teñido. Estas aguas son quemadas, generando un elevado uso de gas, olores fuertes y una posible afectación a la calidad del aire, por lo tanto, el estudio de alternativas eficientes y económicas asociadas a la remoción de los colorantes, son de gran importancia para la empresa. El objetivo de este trabajo fue evaluar la capacidad de adsorción de tallos de clavel, para la remoción del colorante residual Sky Blue. Para ello, inicialmente se hizo una caracterización de los tallos residuales en cuanto al contenido de humedad, cenizas y sólidos totales. Posteriormente los adsorbentes fueron secados a una temperatura de 105 °C durante 24 horas y fueron triturados obteniendo una granulometría de 0.841 mm. Se realizaron los ensayos de adsorción durante 60, 120 y 240 minutos a 150 rpm con una concentración de  $100 \frac{mg}{L}$ . Se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) estadísticamente en la variable tiempo la cual influyo en las remociones obtenidas, estos porcentajes promedio fueron  $62.39 \pm 0.6$ ;  $63.08 \pm 0.7$  y  $65.65 \pm 0.5$  para los tiempos establecidos 60, 120 y 240 minutos. Este estudio aporta una nueva alternativa al tratamiento de aguas residuales generadas por el proceso de teñido de flores mediante absorción.

*Palabras clave: Aguas residuales, floricultura, remoción, residuos de flores, teñido de flores.*

## Abstract

The agro-industrial flower sector is one of the most important pillars in the Colombian economy, due to the growing production and export that has been occurring in recent years. At the Sunshine Bouquet company, an aspect of improvement was highlighted, which is the residual water left over from the dyeing process. These waters are burned, they will discover a high use of gas, strong odors, and a possible affectation to the quality of the air, therefore, the study of efficient and economic alternatives associated with the removal of dyes, are of great importance for the business. The objective of this work was to evaluate the adsorption capacity of carnation stems, for the removal of the residual dye Sky Blue. For this, initially a characterization of the residual stems was made in terms of moisture content, ashes, and total solids. Subsequently, the adsorbents were dried at a temperature of 105 °C for 24 hours and were crushed, obtaining a granulometry of 0.841 mm. Adsorption tests were carried out for 60, 120 and 240 minutes at 150 rpm with a concentration of  $100 \frac{mg}{L}$ . Statistically significant differences ( $p < 0.05$ ) were found in the time variable, which influenced the removals obtained, these average percentages were  $62.39 \pm 0.6$ ;  $63.08 \pm 0.7$  and  $65.65 \pm 0.5$  for the established times 60, 120 and 240 minutes. This study provides a new alternative to the treatment of wastewater generated by the process of dyeing flowers by absorption.

*Keywords: Sewage, floriculture, removal, flower waste, flower dyeing.*

## 1. Introducción

La actividad de la floricultura en Colombia tuvo sus primeros inicios a mediados de la década de 1960, cuando el valor de las materias primas y condiciones de productividad de este sector posibilitaron el poder hallar elementos elevadamente competitivos con otros actores importantes del comercio mundial en este mercado (Cámara de comercio de Bogotá, 2015).

De esta forma, la floricultura en Colombia ha ido creciendo en gran medida, por lo cual actualmente genera más de 120,000 empleados, de tal manera que esta es la actividad agrícola que más empleos genera por unidad de superficie, donde se puede encontrar de 15 a 16 trabajadores por hectárea (García Romero, 2016). Por consiguiente, esta actividad refleja el 25 % de la mano de obra rural femenina y un aproximado del 7 % del PIB agrícola de Colombia (García Romero, 2016).

De acuerdo con lo anterior, en la actualidad, Colombia cuenta con ser el mayor exportador de flores cortadas en América y el segundo en el mundo después de los Países Bajos, con dos tercios de las flores vendidas en los EE. UU. Siendo 4 % de las rosas, 8 % de los crisantemos, 20 % de los pompones y el 20 % de claveles vendidos en el mundo son colombianos (Cámara de comercio de Bogotá, 2015).

La empresa Sunshine Bouquet es una multinacional de flores que tiene en Colombia 52 fincas destinadas a la producción y exportación de flores. Se destaca que en la empresa hay dos aspectos que se pueden mejorar. El primero de ellos está asociado con los residuos de flores que se generan durante el proceso productivo, los cuales por sus propiedades pueden afectar el ambiente, si no se disponen de manera correcta. Por otra parte, el segundo aspecto son las aguas residuales resultantes del proceso de teñido. Actualmente dichas aguas son evaporadas a altas temperatura por estufas industriales, generando un elevado uso de gas, olores fuertes y una posible afectación a la calidad del aire.

De acuerdo con lo anterior, es necesario mencionar que en el proceso de teñido se utiliza un método conocido como absorción, que consiste en hundir el tallo de la flor en una solución coloreada con el colorante seleccionado. Debido al principio de capilaridad y la necesidad de humedad de la planta, el agua sube por el tallo y se evapora a través los poros de las hojas, dándoles el color deseado (Raigoza & Arroyave, 2017). Se considera el cuerpo de la plata con un elevado contenido de agua, evidenciando una interacción entre los protoplastos, teniendo en cuenta que cada vez que la planta tiene una diferencia en el potencial hídrico, el volumen de agua indicado se mueve hasta igualar la energía potencial de la cual se obtiene la relación dinámica (Anderson, 2015).

Por lo tanto, para que las flores que se van a teñir con absorbentes sean efectivas en este proceso, deben estar frescas y tener un grado mínimo de pérdida de agua en la flor, para que la solución de tinte se absorba de manera más eficiente. En otras palabras, necesitamos una flor que tenga sed, no una flor que haya muerto por deshidratación desmedida (Anderson, 2015). Por consiguiente, al cabo del tiempo necesario para el proceso de adsorción, el agua restante o que no fue adsorbida en este proceso, se le cataloga como agua residual, la cual

muestra cuantiosos contenidos de colorantes, por tal motivo, estas aguas deben ser manejadas de una manera particular antes de ser vertidas en cuerpos de agua (Raigoza & Arroyave, 2017).

Así las cosas, en el presente trabajo de investigación se presentan los resultados obtenidos para el tratamiento de aguas coloreadas subproducto del proceso de tinturado de flores, empleando tallos de clavel como absorbente.

## 2. Planteamiento del problema

En la actualidad el sector agroindustrial de flores es uno de los pilares más importantes en la economía colombiana, esto se debe a la creciente producción y exportación que se ha venido presentando en los últimos años, además de la cálida aceptación de este producto en los mercados internacionales (José & Buitrago, 2006).

El cultivo de flores para exportación se ha desarrollado en Colombia, principalmente en la ciudad de Bogotá, debido a las condiciones geográficas y ecológicas que permiten la producción continua de flores de excelente calidad durante todo el año. Además, la mano de obra no calificada está bien disponible a un costo menor que en los países industrializados, la estructura del transporte aéreo es aceptable, así como una buena iniciativa, capacidad comercial y habilidades técnicas. (Arbelaez, 1993).

Colombia cuenta con un área de 7000 hectáreas de cultivos de flores en diversas regiones de su territorio, los cuales cuentan con un suelo y condiciones climáticas aptas para una producción variada y de calidad en sus productos para su posterior exportación. Como se mencionó anteriormente el cultivo de flores de tipo exportación se especializa en Cundinamarca, específicamente en la sabana con un 72% de participación productora. En segundo lugar, se encuentra Antioquia con un 27% de participación productora, esto se debe al aprovechamiento de sus suelos y también al agresivo marketing que genera las ferias y fiestas tradicionales conocidas. El restante 1% se encuentra en diversos sectores del país como lo son: Risaralda, Caldas, Boyacá y Valle del Cauca (Diaz, 2018).

Con base a lo anterior, es importante reconocer que la industria floricultora genera grandes cantidades de residuos diariamente. Aproximadamente el 90 % de los residuos sólidos convencionales corresponden a desechos vegetales, el 6 % a plástico de invernadero, un 2 % en papel y cartón y el 2 % restante se distribuye entre una serie de residuos como madera, metal, capuchón, caucho y otros (Edwin & Suarez, 20 C.E.). Igualmente se genera en un día alrededor de  $1.5 \frac{m^3}{ha}$  o por semana 0.8 y  $1 \frac{ton}{ha}$  de desechos vegetales, dependiendo del tipo de flor y el ciclo productivo (Edwin & Suarez, 20 C.E.). En el caso de la rosa se generan residuos vegetales que alcanzan cantidades alrededor de  $9591 \frac{ton}{mes}$ , para el clavel el valor reportado es  $3691 \frac{ton}{mes}$  y para el crisantemo  $2325 \frac{ton}{mes}$ . Es importante resaltar que los residuos resultan de las etapas de corte, post cosecha y arranque de plantas (Edwin & Suarez, 20 C.E.).

Por otra parte, el proceso de teñido es un problema presente en esta industria, ya que el mencionado proceso genera grandes cantidades de agua residual, las cuales presentan considerables contenidos de colorantes orgánicos. Actualmente las aguas residuales del proceso de teñido en la empresa Sunshine Bouquet son tratadas mediante evaporación por calor, esta consiste en que las aguas residuales son quemadas por medio de estufas industriales, propiciando el uso excesivo de gas natural y generando fuertes olores en el área. Cabe resaltar que estos colorantes orgánicos son responsables de muchos de los efectos nocivos sobre la flora y la fauna acuática. Los efectos más significativos son la disminución del oxígeno disuelto, la eutrofización, la formación de compuestos recalcitrantes y tóxicos para las células y la obstaculización del paso de la luz a los cuerpos de agua y su deterioro estético (Edwin & Suarez, 20 C.E.).

Así las cosas, el proceso actual de tratamiento de las aguas residuales del proceso de teñido representa un problema socioambiental a considerar por lo anteriormente mencionado, añadiendo que al momento de finalizar el proceso de evaporación se genera un residuo sólido que se dispone como residuo peligroso.

De esta manera se evidencia la posibilidad de usar los residuos del cultivo de flores para remover los colorantes presentes en las aguas residuales del proceso de teñido, para esto será necesario: i) Recolección de tallos residuales del cultivo de flores, ii) caracterizar los tallos residuales en cuanto al contenido de humedad, cenizas y sólidos totales, iii) toma de muestra de las aguas residuales resultantes del proceso de teñido y iv) evaluar la capacidad de remoción de los colorantes empleando los tallos residuales del cultivo de flores.

### **3. Pregunta de investigación**

¿Cuál es la eficiencia de los tallos residuales de clavel para la remoción del colorante Sky Blue a partir de pruebas discontinuas?

#### 4. Justificación

La industria floricultura busco innovar en sus procesos y en sus productos, dando como resultado la variación en el color de los pétalos en los diferentes tipos de flores, convirtiéndose en un referente importante en el mercado internacional, partiendo desde la premisa de que el color es una de las características notables en el demandante mercado floricultor (Bernal, 2004). Para las necesidades florales se requiere una gran diversidad en colores artificiales, por ejemplo, la elaboración de ramos donde se necesitan flores multicolores o decoradas con colores llamativos o brillantes. Por tal motivo en la industria floricultora se está realizando el proceso de teñido en los diferentes tipos de flores, ajustándose a las condiciones estéticas para este mercado (Raigoza & Arroyave, 2017).

De acuerdo con lo anterior y centrándose en el segundo aspecto, al momento de finalizar el proceso de evaporación se generan lodos como producto final, los cuales son denominados residuos peligrosos por su alta carga contaminante. Hoy en día para el tratamiento de estos efluentes contaminados por colorantes, se relacionan procesos como sistemas de filtración, técnicas de oxidación y resinas de intercambio iónico; estos tratamientos convencionales al final del proceso generan lodos y el costo asociado al tratamiento es alto (Barrios-Ziolo et al., 2015). De acuerdo con lo anterior, una alternativa para el tratamiento de las aguas residuales del proceso de teñido puede ser el uso de biomasa adsorbente la cual puede generar grandes ventajas ya que es de bajo costo y alcanza porcentajes de remoción del 90 % al 98 % (Barrios-Ziolo et al., 2015).

Asociando esta nueva alternativa con el objetivo de desarrollo sostenible agua limpia y saneamiento, teniendo como fin una disminución considerable de aguas residuales, impactando de manera positiva la calidad del agua, además de reducir los problemas anteriormente mencionados y posibles gastos en el tratamiento de estas aguas residuales. La utilización de esta materia que es catalogada como residuos orgánicos contribuye a la reducción de la carga en los rellenos sanitarios y ayuda a promover el uso de tecnologías más limpias con el medio ambiente (Peluffo & Castro, 2019).

Teniendo en cuenta lo anterior, el sector floricultor se caracteriza por ser un enorme conjunto de territorios que se especializan en la producción y venta, en donde la demanda en el negocio mundial de esta forma lo amerita para este sector. Frente a este caso la floricultura de Colombia catalogado como uno de los más importantes productores ha actuado de forma coherente con las exigencias del mercado, ofreciendo extensa variedad con los estándares superiores y en los tiempos requeridos (Johnny, 2018). Por lo tanto, es correcto decir que el uso de residuos de biomasa para la remoción de colorantes en aguas contribuye a reducir el problema que se lleva a cabo en el sector agroindustrial y floricultor que es la alta cantidad de desechos, convirtiéndose en un problema, social, ambiental y económico.

Asimismo, Sunshine Bouquet es una empresa productora y exportadora de flores, ubicada en la Sabana de Bogotá, basada en la calidad de sus productos, con un enfoque socioambiental que promueve las buenas prácticas en todos los procesos, que a su vez contribuyen al mejoramiento de la calidad de vida de sus colaboradores y al de la Empresa (Patricia, 2018).

El proceso de producción de la compañía inicia con la compra de semillas y esquejes a un tercero, las cuales ingresan al proceso de propagación en donde se reproducen las plantas, pasan posteriormente al proceso de enraizamiento para fortalecer las raíces de las plantas para llevarlas a siembra en el suelo directo o en camas hidropónicas de acuerdo a la variedad, lo que implica que antes de la siembra se realice un proceso de preparación de camas, suelos y tutoraje para contar con la estructura necesaria. (Patricia, 2018) A través del crecimiento de la planta se realizan labores culturales para el mantenimiento de las plantas, con labores como el desbotone, deshierbe, riego, monitoreo de plagas y enfermedades, fumigación (aspersión) para controlarlas, entre otras que pueden variar de acuerdo con la variedad (Patricia, 2018).

Una vez la planta ha florecido se corta siguiendo parámetros de calidad, para ser transportada a la postcosecha, una bodega en donde se realiza una recepción a la flor y se clasifica de acuerdo a las especificaciones del cliente para ser empacada y almacenada en un cuarto frío, con el fin de transportar la flor a las diferentes bouqueteras en donde se elaboran Bouquets, siguiendo las recetas que incluyen diferentes variedades de flor entre las que se destacan la rosa, el clavel, pompón, statice, alstroemerias, girasoles, entre otras, diseños que varían de acuerdo los requerimientos de los clientes y/o las diferentes celebraciones de la cultura estadounidense a lo largo del año (Patricia, 2018).

Posteriormente armado el Bouquet, se empaca y es llevado al cuarto frío nuevamente para transportarlo hacia el aeropuerto y enviarlo a las dos sedes en Estados Unidos, en donde se distribuyen a las diferentes cadenas de supermercados como Walmart, Kroger entre otras (Patricia, 2018).

## **5. Antecedentes**

Un primer trabajo corresponde a la Evaluación de la capacidad de adsorción de la corteza de naranja (*Citrus sinensis*), bagazo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y borra de café (*Coffea arabica*) para la remoción del colorante azul brillante cf. (Torres & Venegas, 2018)

Donde se resalta las tecnologías propuestas para la remoción de colorantes entre las cuales está la adsorción, considerada como una de las metodologías de tratamiento más eficientes, teniendo como principal referente el carbón activado, pero el elevado costo de este material ha empujado al uso de diversos materiales más económicos, teniendo como propósito el contribuir a la investigación de nuevos materiales, se estableció como objetivo general del proyecto estudiar la capacidad de bioadsorción de materiales biológicos residuales como la corteza de naranja (*Citrus Sinensis*), Bagazo de Caña (*Saccharum officinarum*) y Borra de Café (*Coffea Arabica*), con el fin de evidenciar los procesos de remediación y/o depuración de los efluentes contaminados con el colorante Azul brillante FCF; teniendo utilizando la técnica de bioadsorción, no solo porque representa un bajo costo



sino también porque representa una disminución en el volumen de lodos químicos y/o biológicos al tratarse de materiales biodegradables (Torres & Venegas, 2018).

El trabajo mencionado anteriormente se relaciona con la investigación en curso, ya que se propone el uso de biomasa, para evaluar la capacidad de remoción de un colorante en cuerpos de agua. Las metodologías utilizadas en este trabajo de investigación se relaciona en gran manera con el trabajo de investigación propuesto, debido a que tienen en cuenta variables como el tiempo de contacto y tamaño de la partícula, además de usar técnicas como la espectrofotometría y el método de Batch.

En el transcurso del trabajo se determinó el comportamiento de adsorción del colorante azul brillante FCF disuelto en soluciones sintéticas utilizando bagazo de caña de azúcar (B.C.Ñ), borra de café (B.C) y corteza de naranja (C.N) se evaluaron variables como tamaño de partícula, tiempo de contacto y pH, utilizando una concentración de 100 ppm en un reactor Batch, se estableció el uso de 1 g de material adsorbente. Se utilizó el método de espectrometría UV-Vis para cuantificar el contenido del colorante, obteniendo remociones del 95% para C.N, 62.9% para B.C.Ñ, y 98.6% para B.C a pH 2 (Torres & Venegas, 2018).

Se estableció que la corteza de naranja, así como la borra de café son una nueva opción para la remoción del colorante azul brillante FCF, se comprobó la reproducibilidad de las mediciones tanto de la curva de calibración como de las pruebas discontinuas hallando porcentajes de precisión de 95.51% y 99.74 % respectivamente, observando que existe una alta probabilidad de obtener resultados similares bajo las mismas condiciones manejadas en este trabajo (Torres & Venegas, 2018).

Ahora bien, el presente trabajo se relaciona con la investigación en curso, ya que se propone el uso de biomasa, para evaluar la capacidad de remoción de un colorante en cuerpos de agua, se encuentra también una relación en las metodologías utilizadas, debido a que tienen en cuenta variables como el tiempo de contacto y tamaño de la partícula, además de usar técnicas como la espectrofotometría y el método de Batch.

Un segundo trabajo corresponde a la determinación de la eficiencia de bioadsorción del colorante rojo allura #40, utilizando tusa de maíz, cáscara de banano y cascarilla de arroz; aplicado a aguas sintéticas (González, Wendy Tatiana; Ladino, 2018).

En este trabajo destacan cómo las aguas coloreadas originan un impacto negativo al medio, alterando en gran manera la estética y auto regeneración del recurso hídrico. Caber resaltar, la importancia de poner en práctica nuevas tecnologías en base a este problema, teniendo como finalidad la minimización del impacto negativo que los colorantes ejercen sobre los efluentes. Se estableció la bioadsorción como tecnología alternativa y económica para mitigar dicho impacto, utilizando como biomasa como material orgánico de origen vegetal, como es el caso de la cascarilla de arroz, tusa de maíz y cascara de banano, siendo estos tipos de biomasa utilizados para esta investigación (González, Wendy Tatiana; Ladino, 2018).

Se determinó la eficiencia de bioadsorción del colorante rojo allura #40 empleado a aguas sintéticas, teniendo en cuenta variables como tamaño de la partícula, pH y material adsorbente, además se tuvo en cuenta constantes como tipo de contacto, temperatura y concentración del colorante, obteniendo como resultado una eficiencia de remoción de 99.36 % para la cascara de banano, 99.91 % para la tuza de maíz y 86.56 % para la cascarilla de arroz en prueba Batch. Por último, para la prueba en columna se replicaron las condiciones óptimas de la prueba Batch con la tusa de maíz, en donde se obtuvo un porcentaje de remoción de 99,65%, demostrando que el uso de material agrícola es una alternativa para la adsorción de colorantes.

Se resalta que el trabajo de investigación anteriormente mencionado tiene una correlación con la investigación planteada en nuestro proyecto, ya que establecen la metodología a llevar a cabo para la estructuración de las técnicas de espectrofotometría y Batch.

## **6. Objetivos**

### **6.1 Objetivo general**

Evaluar la capacidad de adsorción de tallos residuales de clavel, para la remoción del colorante Sky Blue en aguas resultantes del proceso de teñido, mediante el desarrollo de pruebas discontinuas a escala de laboratorio.

### **6.2 Objetivos específicos**

1. Caracterizar los tallos residuales de clavel, para ser empleados como adsorbentes del colorante residual Sky Blue resultante del proceso de teñido de flores, empleando normas estandarizadas de caracterización.
2. Formular un diseño estadístico, para evaluar la remoción del colorante residual Sky Blue generado en el proceso de teñido de flores, empleando el software estadístico R Studio.
3. Evaluar el proceso remoción del colorante residual Sky Blue, empleando tallos residuales de clavel, mediante el desarrollo de pruebas discontinuas a escala de laboratorio.

## **7. Marcos de referencia**

### **7.1 Marco Geográfico**

Este proyecto cuenta con una macro localización en la localidad de Suba que se encuentra la finca de Sunshine Bouquet denominada como Bouquetera principal en donde se obtuvieron las muestras a evaluar; y una micro localización en los laboratorios de la Universidad el Bosque donde se llevaron a cabo las pruebas planteadas en la metodología.

La localidad de Suba se encuentra ubicada en el extremo noroccidental de la ciudad de Bogotá, departamento de Cundinamarca. Esta se limita con el municipio de Chía por el norte, por el sur con la localidad de Engativá, por el oriente con la localidad de Usaquén y por el occidente con el municipio de Cota. La localidad de Suba cuenta con una extensión total de 10.056 hectáreas, destacando que 3.785 hectáreas corresponden al suelo rural, 6.271 hectáreas se clasifican como suelo urbano, sin embargo, dentro de estos dos suelos 1.469 hectáreas pertenecen a suelo protegido (Bogotá, 2022).

Presenta un territorio plano que tiene dos zonas montañosas, los cerros de la Conejera y Suba, asimismo se localizan algunos ecosistemas importantes de la ciudad, como son los humedales de La Conejera, Juan Amarillo, Córdoba y Guaymaral. Son ecosistemas intermedios entre el medio acuático y el terrestre, que se caracterizan por sus altas cantidades húmedas, semi-húmedas, teniendo una enorme trascendencia para las especies vegetales y animales, característico de los ambientes acuáticos que son propios de estas áreas y dependen de condiciones climáticas especiales ya que en ellos se generan los nutrientes necesarios para la reproducción de aves, insectos, ranas, lagartijas, entre otros. Otra de las funcionalidades relevantes de los humedales es el actuar como una esponja que retiene el agua sobrante en épocas de lluvias, reservándolas para las temporadas secas, regulando los efectos nocivos de las crecientes de los ríos y de las inundaciones (Bogotá, 2022).

Su característica rural concebía extensiones de terreno que se destinaban a la agricultura y ganadería, sin embargo debido a la extensión urbana y la demanda de tierras fueron destinadas a la creación de casas y la utilización agroindustrial, primordialmente con el cultivo de flores, de las que hay alrededor de 35 organizaciones actualmente, imponiendo cambios en la mentalidad de sus habitantes (campesinos, hacendados, comerciantes) y promoviendo el incremento acelerado de novedosas urbanizaciones, con las consiguientes necesidades de servicios públicos, enseñanza, salud, recreación y custodia ambiental (Bogotá, 2022).

Dentro de la localidad de Suba, hacia el occidente kilómetro 4 vía Suba-Cota en las coordenadas 4,77324836 y -74,0825705 se encuentra la Bouquetera principal de Sunshine Bouquet, cuenta con 37176,34 m<sup>2</sup> de los cuales 533,43 m<sup>2</sup> pertenecen al área de tinturados por absorción donde resultan los residuos líquidos de tinturas para luego ser llevados al centro de acopio donde se encuentran a parte las estufas industriales que cuenta con 300,16 m<sup>2</sup> (Bogotá, 2022).



**Figura 1** Mapa Bogotá, Bouquetera Sunshine Bouquet

**Fuente.** Google Earth, 2022

## 7.2 Estado del arte

**Tabla 1** Estado del arte

<b>Año</b>	<b>Autores</b>	<b>Título</b>	<b>Resumen y resultados relevantes</b>
2011	Yurany Villada - Angelina Hormaza	Análisis simultáneo de la remoción de azul brillante y rojo 40 mediante espectrofotometría de derivadas (Villada & Hormaza, 2015)	En este estudio se evaluó la adsorción de una mezcla de colorantes rojo 40 (R 40) y azul brillante (AB) sobre cáscaras de coco en un sistema discontinuo, teniendo en cuenta las variables pH, concentración inicial de colorante, dosis de adsorbente y temperatura. Para la cuantificación se utilizó un primer modelo de derivatización, utilizando un espectrofotómetro UV-Vis Lambda 35. En las mejores condiciones, la mezcla de R40 y AB logró una reducción máxima del 76,5% a pH ácido (pH = 2,0), dosis de 20 g/L, concentración inicial 10 mg/L y temperatura 55° C. El error porcentual medio total encontrado

			para el modelo cuantitativo fue 1,35% para R40 y 1,10% para AB, indicando la validez del método. Además, en la mezcla binaria, AB tuvo un efecto antagonico menor debido a la presencia de R40, con un porcentaje de adsorción 3,7 veces mayor que el de R40.
2013	Ana Cristina Jaramillo Madrid - Ana Maria Echavarría - Angelina Hormaza	Diseño Box-Behnken para la optimización de la adsorción del colorante azul ácido sobre residuos de flores (Jaramillo et al., 2013).	En este artículo, las mejores condiciones para la eliminación del colorante Azul ácido 9 (AA9) se determinaron mediante un diseño factorial 23 completo y luego se optimizaron mediante un diseño de superficie BoxBehnken utilizando espigas florales (TF) como adsorbente. Las variables evaluadas son dosis de adsorbente (D), concentración de colorante (C) y tiempo de exposición (t). El contenido de colorante se cuantificó por espectrometría UV-Vis. El modelo estadístico presenta un factor de corrección adecuado ( $R^2 = 99,18\%$ ), lo que permite lograr una tasa de remoción del 98,5% con una dosis de 7,8 g/L, una concentración de colorante de 11,7 mg/L y un tiempo de exposición de 10 min.
2013	Yanira Vázquez Moya	Evaluación del comportamiento de mezclas de residuos forestales e industriales en la remoción de color de aguas residuales (Martin, 2013).	En el trabajo se identificaron los tipos de contaminación, las principales características de los tintes y tinturas más utilizados en la industria textil, y sobre todo, el impacto ambiental que provocan. La bioadsorción se ha propuesto como una alternativa al tratamiento que actualmente se realiza en la planta. Se ha evaluado el uso de bioadsorbente para la decoloración de aguas residuales, se han realizado experimentos con azul de metileno y aserrín de pino y mezclas de este último con bagazo, lográndose decoloraciones sobresalientes de hasta 90 %. También se determina la capacidad del equipo a través del balance de materiales, costos de inversión, costos de transporte, etc.

			Se estiman los costos de operación y producción total.
2015	Leonardo Fabio Barrios Ziolo - Luisa Fernanda Gaviria Restrepo - Edison Alexander Agudelo - Santiago Alonso Cardona Gallo	Tecnologías para la remoción de colorantes y pigmentos presentes en aguas residuales (Barrios-Ziolo et al., 2015).	Este artículo tiene como objetivo resaltar los métodos de tratamiento más efectivos para eliminar, destruir y mineralizar los tintes y colorantes presentes en las aguas residuales de acuerdo con las propiedades fisicoquímicas de las moléculas constituyentes. Entre las tecnologías de tratamiento más relevantes se encuentran los procesos de adsorción y filtración, tecnologías de oxidación avanzada (fotocatálisis, ozonización, fenton/UV, electrocoagulación, etc.) aprendizaje secuencial (tipo anaeróbico-aeróbico). Se ha demostrado la influencia de variables como el pH, la concentración inicial del colorante y la solubilidad, entre otras, sobre la cinética de eliminación de un colorante en particular.
2016	Carol Brigitte Hernández Rodríguez - Laura Marcela Triviño Clavijo	Evaluación de la capacidad de bioadsorción de Pb (II) y Cd (II) presentes en soluciones sintéticas independientes empleando retamo espinoso ( <i>Ulex Europaeus</i> ) como adsorbente (Hernandez, 2016).	Este estudio evaluó la capacidad de bioadsorción de plomo (II) y cadmio (II) en soluciones sintéticas independientes, utilizando biomasa seca de retama como adsorbente. Los experimentos se realizaron utilizando un sistema discontinuo (Batch Reactor) que analizó la concentración inicial del metal en bioadsorción y el porcentaje de absorbancia de cada metal.
2016	Freddy Alfonso Moreno - Marlen Robayo Quintana - Laura Ferrucho Rodríguez -	Aprovechamiento de residuos vegetales de pétalos de rosas, tallos de girasol y vástago de plátano para la fabricación artesanal de papel	Este artículo presenta alternativas a la producción artesanal de papel, con características similares a las que se obtienen a partir de la celulosa extraída de la corteza, mediante el uso de residuos vegetales con un alto porcentaje de celulosa como pétalos de flores, se producen caquis, tallos de plátano y girasol. en las plazas de mercado en la ciudad de Bogotá, ya que

	Mónica Vargas Oyola		se ha estudiado que de $70,5 \frac{\text{Ton}}{\text{dia}}$ de residuos sólidos que genera la ciudad, el 88,5 % son residuos vegetales de frutas, verduras y hortalizas no aprovechados.
--	---------------------	--	--

*Fuente. Autores, 2022.*

### 7.3 Marco Teórico – Conceptual

El siguiente postulado permitirá tener una visión completa de los planteamientos teóricos y conceptuales asociados con la propuesta de investigación, sobre los cuales se fundamentará el problema de investigación, experimentación y las conclusiones. Además de facilitar información pertinente que respaldara la investigación.

#### 7.3.1 Gestión del recurso hídrico

El concepto gestión de calidad del recurso hídrico es de vital importancia en todas las empresas dedicadas al sector floricultor ya que se caracteriza por “acciones coordinadas, planificadas, sistemáticas y confiables para que un producto, servicio o recurso sea satisfecho con los requisitos de calidad establecidos. Consecuente con lo anterior, la industria florícola colombiana se ha percatado que la calidad ha pasado de una función gerencial a su alta dirección ante las quejas de los clientes, a otras funciones productivas y comerciales, a una función gerencial más dinámica y eficiente que integra el cambio e innovación (Garzón, 2019).

Las gestiones técnico – ambientales desarrolladas por la empresa Sunshine Bouquet referentes al marco del recurso hídrico son los pozos profundos que están destinados para potabilización y es utilizada exclusivamente para los procesos de hidratación en postcosecha y para la unidad sanitaria de los asperjadores (A, 2021).

#### 7.3.2 Calidad del agua en el proceso productivo

Las ocupaciones productivas en el sector agropecuario requieren de insumos, bienes y servicios ambientales para desarrollar sus ocupaciones productivas, y los floristas inevitablemente subsidian estos recursos, lo cual provoca daños al medio ambiente. El área de la floricultura en su proceso beneficioso cuenta con una secuencia de impactos del medio ambiente sobre el recurso hídrico, dichos impactos son causados por la captación de agua superficial como subterránea, para el desarrollo de las ocupaciones productivas. Ocasionando extenuación de las fuentes hídricas, erosión y cambios en las propiedades físicas del suelo (Luna, 2020).

Una de las problemáticas más importantes que sufre el recurso hídrico en la industria floricultora, es el uso de colorantes, generando grandes cantidades de aguas residuales, las cuales son tratadas de manera convencional, esto quiere decir que son evaporadas por calor teniendo consecuencias tanto ambientales, sociales y económicas. En el aspecto ambiental la

evaporación por calor de estas aguas residuales genera emisiones al medio ambiente, además de que al finalizar el proceso queda como producto final lodos con alta carga contaminante. En el aspecto social, al momento de tratar las aguas residuales mediante evaporación por calor, genera olores ofensivos para los trabajadores. En el aspecto económico, el uso excesivo del gas para quemar de las aguas residuales y la disposición final genera elevados costos.

### **7.3.3 Aguas residuales**

Se entiende por agua residual cualquier agua que haya sido impactada negativamente por el ser humano, directa o indirectamente, con materiales, condiciones o formas de energía contaminantes. Son cambios en la calidad del agua en función de los usos posteriores que le queramos dar (Quivera, 2012). Las aguas residuales se dividen entre domésticas y no domésticas, las cuales provienen de un sistema de abastecimiento de agua de cierta población, en la que se le da diversos usos como actividades comunitarias, domésticas e industriales (Quivera, 2012).

Las aguas residuales están compuestas por componentes químicos, físicos y biológicos, dando como resultado la combinación de materiales orgánicos e inorgánicos, disueltos o suspendidos (Quivera, 2012).

### **7.3.5 Tinturado por absorción**

Esta es una técnica que estresa a la flor al grado de su sistema vascular; su uso se ofrece en tipos de flor de simple absorción que en esta situación son la mayor parte. De tal manera, es fundamental primero examinar qué producto se va a tinturar, luego escoger el color y en este punto, se debe considerar el color de los pétalos que se desea (Tejada-Tovar et al., 2015).

### **7.3.6 Colorantes residuales**

Son colorantes dispuestos en aguas residuales, se encuentran comúnmente en la industria textil, alimentaria, laboratorios y en este caso en la industria floricultora, contienen múltiples sustancias orgánicas recalcitrantes y no biodegradables, por lo que su descarga directa sobre los ecosistemas es una fuente de contaminación con alto impacto ambiental que puede inducir perturbaciones en la vida acuática. Las aguas residuales coloradas no solo son resistentes a la oxidación biológica sino también a tratamientos (Losada et al., 2017).

### **7.3.7 Residuos sólidos orgánicos**

Son restos de productos biodegradables tales como porciones de comida, frutas, flores, verduras, carne y huevos. Estos materiales son los desechos típicos y comunes de los centros de acopio de alimentos como las plazas de mercado presentes en los puntos de concentración poblacional. Los materiales plásticos no ingresan en este grupo a pesar de estar constituidos por moléculas orgánicas muy complejas que requieren procesos muy específicos para su degradación. Los residuos orgánicos se encuentran en diversos ambientes y su producción es evaluada en miles de toneladas anuales en las grandes ciudades. El manejo y disposición de ellos es un problema ambiental, social, económico y político debido a que todas las instituciones públicas y privadas como papelerías, hospitales, restaurantes, bodegas,



hogares y centros de abastecimiento de alimentos los generan en diversas cantidades (Moreno et al., 2016).

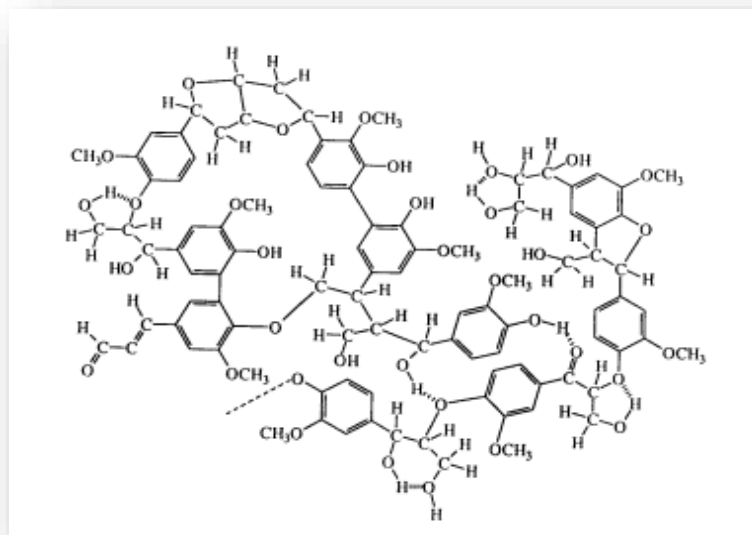
### 7.3.8 Biomasa

La biomasa es el componente biodegradable de los productos, desechos y residuos de origen biológico de origen vegetal o animal, los cuales están compuestos de materiales lignocelulósicos. La biomasa es obtenida en los resultantes de actividades relacionadas con la industria agraria, así como el componente biodegradable de los residuos industriales municipales (Rincón, 2020).

Existen varios tipos de biomasa, entre los cuales encontramos la biomasa natural, la cual se genera en diversos ecosistemas que no tuvieron intervención del hombre; seguido de la biomasa residual seca, la cual se genera a partir de las diversas actividades agrícolas, agroalimentarias, forestales, entre otras; y por último la biomasa residual húmeda, la cual se genera a partir de aguas residuales industriales o urbanas (Cachi, 2021).

### 7.3.9 Lignina

La lignina es el polímero aromático más abundante que no este hecho por azúcares, su estructura esta principalmente compuesta por unidades de 4-fenilpropano, los cuales se encuentran unidos entre ellos por los enlaces éter y carbono-carbono. El primer tipo de fenilpropano es el p-hidroxifenil, el segundo es el guaiacil y el tercero es el siringil, brindándole soporte a la planta (Jorge Montalvo et al., 2019).



**Figura 2** Estructura química Lignina.

**Fuente.** (Vander Wielen, 2005).

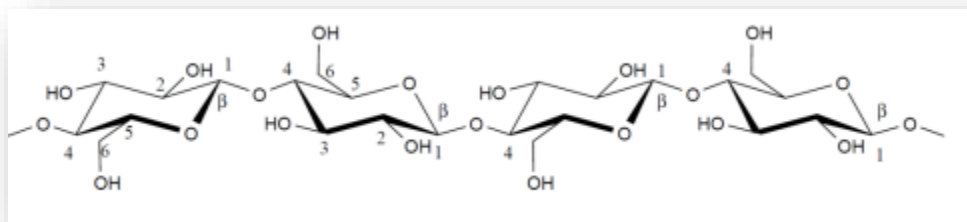
Como se puede observar en la *Figura 2* se destaca la presencia de anillos aromáticos, grupos hidroxilo, así como hidrogeniones, los cuales un ambiente ácido da a presentar cargas

positivas sobre los grupos hidroxilo del adsorbente, esto se debe por tener pares de electrones sin compartir sobre el oxígeno se pueden protonar con ácidos fuertes (Vander Wielen, 2005).

Al estar en un medio con un pH ácido, la cantidad de grupos funcionales protonados es mayor y la superficie del material a utilizar expresa una carga positiva atrayendo aniones, por lo tanto se concluye que la adsorción se favorece a un pH ácido (Vander Wielen, 2005).

### 7.3.10 Celulosa

La celulosa es un polímero orgánico común en el material vegetal, compuesto principalmente por unidades de  $\beta$ -D-glucopiranosas, las cuales están unidas por enlaces glicosídicos  $\beta$ -1-4. La glucosa se forma en los cloroplastos de los tallos y las hojas y se transporta a todas las células de la flor, brindándole soporte a esta (Prinsen, 2013).



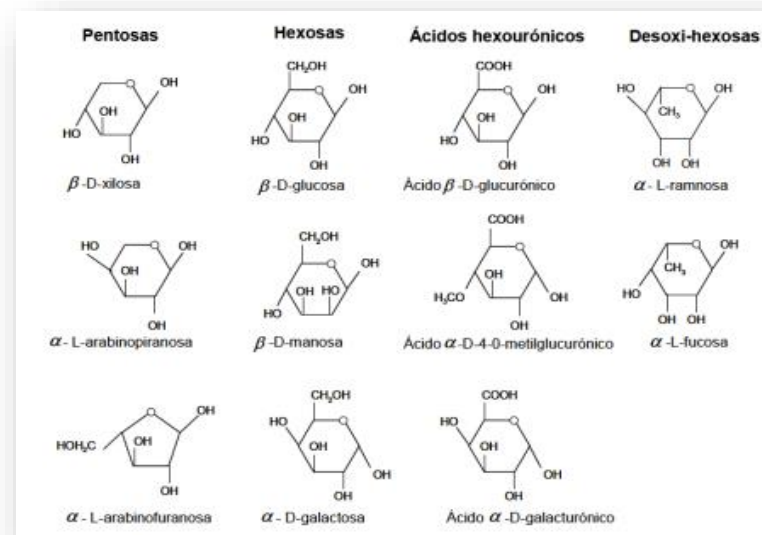
*Figura 3 Estructura de la celulosa*

*Fuente.* (Vander Wielen, 2005).

Las uniones por puentes de hidrógeno hacen que los polímeros sean rígidos, impidiendo de esta manera la flexión de las moléculas y dificulta la hidrólisis de los enlaces glucosídicos presentes (Vander Wielen, 2005).

### 7.3.11 Hemicelulosa

Las hemicelulosas son un conjunto de heteropolisacáridos caracterizados por cadenas pequeñas y ramificadas de azúcares, entre los que encontramos pentosas, generalmente D-xilosa y L-arabinosa; hexosas como D-galactosa, D-glucosa y D-manosa; así como ácidos urónicos, ácidos glucurónicos, 4-O-metilgalacturónico y galacturónico; y desoxihexosas ramnosa y fucosa (Rivas, 2014).



**Figura 4** Unidades estructurales de las Hemicelulosas

**Fuente.** (Vander Wielen, 2005).

Como se puede observar en la *Figura 4* con respecto a la estructura de las Hemicelulosas se tiene en cuenta que tienen como función servir de interfase entre la celulosa y la lignina a través de puentes de hidrógeno de las cadenas de celulosa y los oxígenos glicosídicos de las hemicelulosas entre los grupos -CH<sub>2</sub>OH (Rivas, 2014).

### 7.3.12 Colorante Sky Blue

Es una tintura que contiene alta pureza, aniónica y de bajo peso molecular la cual se emplea para tinturar por medio de absorción flores como girasoles, claveles y crisantemos teniendo en cuenta que antes de la tinturación la flor debe estar deshidratada ya que hidratada no se logra una buena tinturación debido a que la absorción del agua no es suficiente (Industries, 2021).

### 7.3.13 Bioadsorción

Es un proceso que permite la absorción activa o pasiva de iones, esto se debe a la propiedad que diferentes biomasa vivas o muertas se unen y acumulan este tipo de contaminante según diferentes mecanismos. Se ha investigado la aplicación de materiales de bajo costo obtenidos a partir de diversas biomasa de microorganismos, algas y residuos

agrícolas para reemplazar el uso de métodos convencionales en la remoción de materia contaminante. (Tejada-Tovar et al., 2015).

### 7.3.14 Tamaño de partícula

Es de gran importancia el tamaño de partícula a utilizar en el laboratorio ya que puede afectar la capacidad de adsorción y la velocidad de reacción, esto a causa de que al disminuir el tamaño de las partículas se refleja un aumento en el área superficial generando también el aumento de los sitios activos donde el adsorbato puede llegar a tener contacto, es recomendable usar partículas pequeñas alrededor de 0,7 – 1,5 mm (Hernandez, 2016).

### 7.3.15 Temperatura

En la adsorción se evidenció que el comportamiento de la temperatura ya que al aumentar se ve desfavorecido el proceso de adsorción, esto se debe a que su naturaleza es exotérmica. Por lo tanto, se debe tener en cuenta que las variaciones de temperatura no pueden ser grandes debido a que tampoco lo son las entalpías de adsorción (Tejada-Tovar et al., 2015).

### 7.3.16 Espectrofotometría

La espectrofotometría Uv/Vis es una técnica analítica que ayuda a determinar la concentración de un compuesto en una solución dada. Se basa en el hecho de que las moléculas absorben la radiación electromagnética y, a su vez, la cantidad de luz absorbida depende linealmente de la concentración (Ruiz, 1984). Para realizar este tipo de medida se utiliza un espectrómetro. Un espectrómetro es un instrumento que proyecta un haz de luz a través de una muestra y mide la absorbancia, que es la cantidad de luz absorbida por la muestra, o la transmitancia, que es la cantidad de luz que pasa a través de la muestra, es decir, la inversa matemática de absorbancia (Ruiz, 1984).

## 7.4 Marco Legal y Normativo

En la *tabla 2* se presenta la normatividad vigente asociada a la disposición de aguas residuales industriales, teniendo en cuenta que la empresa Sunshine Bouquet gestionen adecuadamente los vertimientos, y faciliten a las autoridades ambientales el control sobre estos en el proceso de teñido de flores.

**Tabla 2** Normativa Colombiana respecto a la industria floricultora

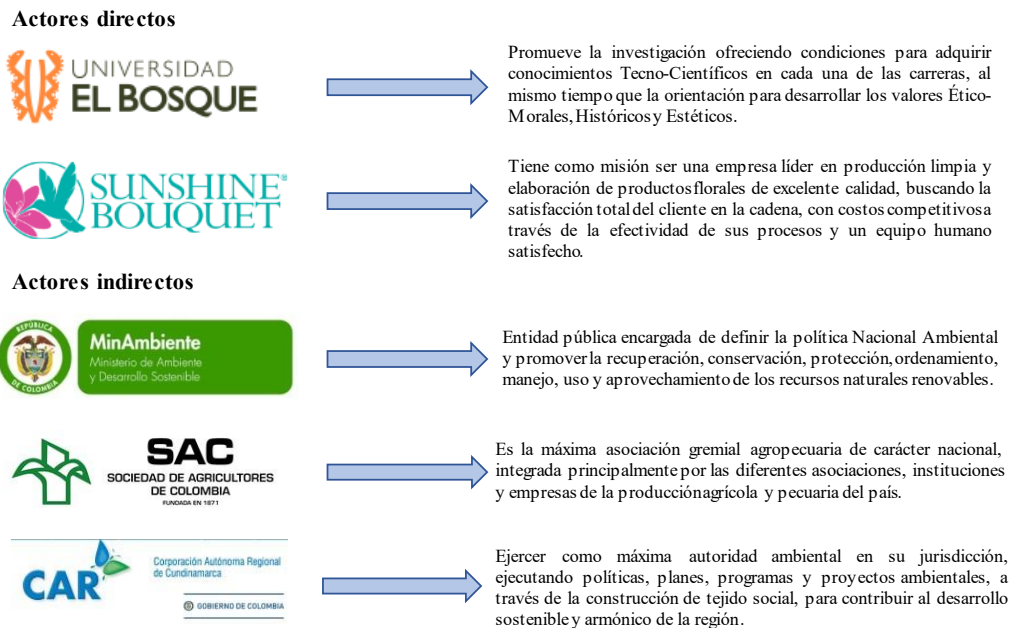
Emisiones Atmosféricas	Aplicabilidad
Resolución 2254 de 2017 Minambiente (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017)	Contiene la legislación de calidad del aire y los niveles permisibles de emisión de partículas
Resolución 909 de 2008 Minambiente (El Ministerio de Ambiente, 2008)	Contiene disposiciones generales en relación con la prevención y control de la

	contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire
<b>Usos del agua</b>	
Decreto 1076 de 2015 Minambiente (Función, 2015)	Establece lo relativo permiso para aprovechamiento o concesión de aguas, normas específicas para los diferentes usos de recurso hídrico
Acuerdo 02 de 2019 CAR (CAR, 2019)	Reglamento las tasas por utilización del agua en la jurisdicción de la CAR.
<b>Vertimientos</b>	
Resolución 631 de 2015 Minambiente (Minambiente, 2015)	Fija normas para vertimiento en cuerpos de agua y alcantarillado público.
Decreto 2667 de 2012 Minambiente (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012)	Reglamenta cobro de tasas retributivas por la descarga directa o indirecta del agua como receptor de vertimientos puntuales y establece tarifas por parámetros.

*Fuente.* Autores, 2022.

## 7.6 Marco Institucional

Para efectos del marco institucional se plantean los actores involucrados tanto directos como indirectos que tienen relación con el trabajo que se lleva a cabo. Se destaca que la empresa Sunshine Bouquet es participe de manera directa ya que nos suministró la información necesaria respecto al proceso que llevan con el manejo de aguas residuales tinturadas, de esta manera se pudo realizar un análisis a profundidad respecto a la oportunidad de mejora, resaltando la Universidad el Bosque como otro actor directo ya que nos brindó el conocimiento necesario durante la carrera para la solución a problemas de este tipo. De esta manera se logró una brecha entre la Universidad el Bosque y Sunshine Bouquet.



**Figura 5 Actores directos e indirectos del Marco Institucional.**

**Fuente.** Autores, 2022 (*¿Qué Es La SAC?* - SAC - Sociedad de Agricultores de Colombia, 2022; *About Us | Sunshine Bouquet*, 2022; *Alma Mater | Universidad El Bosque*, 2022; *Inicio - Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible*, 2022; CAR, 2022)

## 8 Metodología

A continuación, se presentarán los métodos, el enfoque, el alcance, la técnica y los instrumentos que se aplicaron en el proyecto de investigación, finalizando con la metodología que se utilizó para cada uno de los objetivos específicos.

### 8.1 Métodos

El método utilizado fue analítico, el cual tiene como fin cumplir con el objetivo general del proyecto, este método consiste en el proceso que mediante estudios de laboratorio se determinan las condiciones óptimas para obtener un mejor desempeño del método.

### 8.2 Enfoque

Se utilizó el enfoque mixto donde se tiene en cuenta el enfoque cualitativo y cuantitativo. El enfoque cualitativo se caracteriza por ser descriptivo sin necesidad de utilizar datos numéricos, por medio de este enfoque se obtuvo información respecto al proceso productivo de la empresa Sunshine Bouquet específicamente en el manejo de los residuos líquidos

generados por el proceso de tinturado de flores mediante absorción, de esta manera se dio a conocer la oportunidad de mejora presente en el área anteriormente mencionada.

### **8.3 Alcance**

Se determino el alcance de la investigación como correlacional el cual tiene como finalidad conocer la relación entre dos o más variables con el fin de identificar las consecuencias presentes en el área de estudio (Ramos-Galarza, 2020).

### **8.4 Técnicas**

A continuación, se presentarán las técnicas usadas en el proyecto de investigación para la toma de información.

- 8.4.1 Análisis previo:** Análisis del proceso establecido en la empresa Sunshine Bouquet para el manejo de residuos líquidos resultantes del tinturado de flores mediante el método de absorción, teniendo en cuenta una revisión bibliográfica enfocada a las afectaciones que genera la disposición final mediante la evaporación por calor de estos residuos líquidos.
- 8.4.2 Prácticas de laboratorio:** En esta técnica, el propósito es determinar la efectividad del adsorbente mediante las prácticas de laboratorio establecidas para obtener el rendimiento del adsorbente y su respectivo análisis.
- 8.4.3 Modelo ANOVA:** En esta técnica se utilizó el modelo estadístico Anova con el fin de explorar la relación de los datos demostrando la confiabilidad de las pruebas obtenidas y finalmente establecer bajo que variables se desempeñó mejor el adsorbente.

### **8.5 Instrumentos**

Para efectuar las técnicas anteriormente presentadas se necesitan instrumentos que recolecten información suficiente para cumplir con los objetivos del proyecto.

- 8.5.1 Artículos científicos y trabajos de grado:** Bases de datos como ProQuest, Google Académico y ScienceDirect que se caracterizan por tener un gran volumen de información confiable, permitiendo una revisión y recolección de información que aporte al trabajo de investigación.
- 8.5.2 Visita técnica:** Permite identificar la problemática que se lleva a cabo en la zona de estudio, por lo tanto, se obtiene un diagnóstico más preciso de lo que se quiere evaluar.
- 8.5.3 Datos secundarios:** Mediante este instrumento se identifica el proceso de remoción de colorantes aplicados para otras industrias, teniendo en cuenta biomásas naturales o similares al trabajo de investigación, con el fin de comprender las metodologías aplicadas para su realización.

## **8.6 Metodología**

Para el cumplimiento de los objetivos planteados se realizó el método a escala de laboratorio, mediante procedimientos que permitieron constatar los objetivos planteados, además se tuvo en cuenta la metodología propuesta para la toma de muestras implementada por el IGAC y se adaptó al presente trabajo de investigación (Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), 2021).

### **8.6.1 Primer objetivo: Caracterizar los tallos de flores, para ser empleados como adsorbentes de colorantes residuales del proceso de teñido de flores, empleando normas estandarizadas de caracterización.**

Para el cumplimiento del objetivo específico número 1, se adaptó la metodología propuesta por el IGAC para la toma de muestras y el análisis de laboratorio fue dividido en varias secciones (Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), 2021). A continuación, se describe cada uno de los procedimientos que se llevó a cabo con la biomasa residual de los tallos de clavel.

### **8.6.2 Recolección de tallos residuales de clavel de la Bouquetera principal Sunshine Bouquet.**

Para la recolección de tallos residuales de clavel se redactó una carta a las personas encargadas en el proceso de teñido de las flores en la Bouquetera principal de la empresa Sunshine Bouquet, solicitando la autorización del uso de los tallos residuales de clavel para fines experimentales como se puede observar en el *Anexo 1*.

En primera instancia se recolecto 1,00 kg de tallos residuales de clavel, se depositaron las muestras en papel periódico acompañada de una mota de algodón humedecido para que se mantuviera la muestra fresca. Posteriormente se rotulo con las debidas especificaciones (nombre del residuo, fecha de recolección y masa) y luego fue trasladado al laboratorio de la Universidad el Bosque. En la *Figura 6* se presenta los tallos residuales recolectados y transportados al laboratorio de la Universidad El Bosque.





**Figura 6** *Recolección tallos residuales de clavel*  
**Fuente.** Autores, 2022

### 8.6.3 Preparación de la biomasa

Una vez en el laboratorio, la biomasa se cortó a una medida aproximada de un centímetro de largo como se puede ver en la *Figuras 7 a 8*. Posteriormente, se procedió a colocar 5,00 g de biomasa por separado en seis crisoles, con el fin de obtener el porcentaje de humedad y cenizas. El detalle del procedimiento se presentará en un siguiente apartado. Por otra parte, la biomasa restante se secó en la estufa a una temperatura de 105 °C durante 24 horas, hasta peso constante.



**Figura 7** *Trituración biomasa*  
**Fuente.** Autores, 2022



**Figura 8** *Biomasa en crisoles.*  
**Fuente.** Autores, 2022



*Figura 9 Antes y después del secado de la biomasa*  
*Fuente. Autores, 2022*

#### **8.6.4 Prueba granulométrica**

Con la biomasa seca, se procedió a moler empleando un molino de mesa, posteriormente se utilizó un tamiz de malla 20 (0.841 mm) obteniendo un tamaño de partícula óptimo para realizar posteriormente los ensayos de adsorción, cómo se puede observar en la *Figura 10*.



*Figura 10 Proceso de molino y tamizado*  
*Fuente. Autores, 2022*

### 8.6.5 Determinación del porcentaje de humedad

Como se mencionó previamente, el porcentaje de humedad hace referencia a la cantidad de agua contenida en una muestra orgánica. Al ser obtenida de materia viva, la muestra orgánica contiene ciertos niveles de agua. Entonces, el porcentaje de humedad es el valor porcentual del peso total de la muestra que corresponde a la concentración de agua presente (Cano, 2016).

Después de cortar y moler la muestra, obtener residuos homogenizados y haber tomado seis crisoles de porcelana de 50 mL con un aproximado de 5,00 g de biomasa, se colocaron en la estufa a 105 °C durante veinticuatro horas, con el fin de remover toda la fracción acuosa, como se puede ver en la *Figura 11* y *12*, realizando lo anterior se obtuvo la muestra seca.



*Figura 11* Biomasa después de 24 horas en la estufa  
*Fuente.* Autores, 2022



*Figura 12* Desecador  
*Fuente.* Autores, 2022

Ahora bien, como se puede ver en la *Figura 11* se llevaron los crisoles a un desecador durante dos horas y luego se verifico su masa en la balanza analítica. Una vez encontrados los datos y basados en la ecuación del porcentaje de humedad se halló el porcentaje de humedad de la muestra (Cano, 2016).

$$\% \text{ humedad} \frac{A - B}{A - C} * 100$$

*Ecuación 1* Determinación del porcentaje de humedad

Dónde:

A = Peso del crisol más la muestra húmeda (g).

B = Peso del crisol más la muestra seca (g).

C = Peso del crisol (g).

De esta manera, se pudo obtener para la totalidad de las muestras el porcentaje de humedad en peso, relacionado con la muestra húmeda (Cano, 2016). Cabe resaltar que la determinación se realizó por triplicado con el fin de verificar la reproducibilidad de los resultados y aplicar algunos cálculos estadísticos como el promedio, la desviación estándar y el coeficiente de variación.

### 8.6.6 Determinación de sólidos totales

Con base en los datos obtenidos del porcentaje de humedad, se procedió a usar los datos requeridos para la ecuación de la determinación del porcentaje de sólidos totales, entre los cuales se destacan la biomasa húmeda, peso del crisol más biomasa seca y peso del crisol.

$$\% \text{ Sólidos Totales} = \frac{A - W}{B} * 100$$

*Ecuación 2 Determinación de solidos totales.*

Dónde:

A = Peso del crisol + biomasa seca

W = Peso del crisol

B = Biomasa húmeda

### 8.6.7 Determinación del porcentaje de cenizas

El valor de cenizas se determina mediante la destrucción de la materia orgánica presente en la muestra por calcinación y determinación gravimétrica del residuo (*Análisis Humedad y Cenizas | Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, 2022*).

Así las cosas, continuado con el proceso anterior, se programó la mufla para llegar a una temperatura de 600 °C, este proceso tardó 67 minutos partiendo desde 20 °C, lo cual permite identificar que el calentamiento se realizó a una tasa de 8,7 °C/min. Luego se introdujeron los seis crisoles en la mufla a 600 °C durante un periodo de tiempo de seis horas, pasado este tiempo se esperaron cuarenta y cinco minutos antes de extraer los crisoles de la mufla como se puede observar en la *Figura 13*.





***Figura 13 Muestras de biomasa en la mufla***  
***Fuente. Autores, 2022***

Posteriormente, se puede observar en la *Figura 14* los tallos después de ser sometidos a la mufla con temperatura de 600 °C. Luego se llevaron los crisoles a un desecador durante dos horas y luego se verificó la masa en la balanza analítica crisol-ceniza. Una vez encontrados los datos y basados en la ecuación del porcentaje de cenizas, se determinó dicho porcentaje en las muestras de clavel (Cano, 2016).



**Figura 14** Muestras de tallos de clavel después de la calcinación a 600 °C  
*Fuente. Autores, 2022*

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{CC - W}{CS - W} * 100$$

**Ecuación 3** Determinación del porcentaje de cenizas.

*Donde:*

CC = Peso del crisol más la ceniza (g).

W = Peso del crisol vacío (g).

CS = Peso del crisol con la muestra seca (g).

Con base en las actividades descritas anteriormente se pudo caracterizar los tallos de clavel, con el fin de ser empleados como adsorbentes de colorantes residuales del proceso de teñido de flores, empleando normas estandarizadas de caracterización. En este caso se basó el desarrollo de los procedimientos en los reportes del Instituto Geográfico Agustín Codazzi –IGAC- y en normas definidas para la determinación de porcentaje de humedad, sólidos totales y cenizas de los tallos residuales de clavel.

**8.6.7 Segundo objetivo: Formular un diseño estadístico, para evaluar la remoción del colorante residual Sky Blue generado en el proceso de teñido de flores, empleando el software estadístico R Studio.**

En el segundo objetivo con el fin de evaluar la remoción del colorante residual Sky Blue se realizó un diseño estadístico en el cual se establecieron las variables a utilizar, posterior a ello se hizo una comparación de los resultados obtenidos en cuanto a los porcentajes de remoción con el modelo ANOVA mediante el software R Studio.

### **8.6.7.1 Variables estudiadas**

Como se puede observar en la *Tabla 3* con base a la revisión bibliográfica se organizó una lista de trabajos en los cuales realizaron remociones de colorantes residuales con bioadsorbentes, destacando que dentro de las variables estudiadas se encuentra masas de biomasa, tiempo de contacto y agitación. Una vez revisada la información se observa que las relaciones de biomasa oscilan entre 1,0 y 2,0 gramos. Por otra parte, el tiempo de contacto varía entre 60 minutos y 240 minutos. Finalmente, la velocidad de agitación se encuentra en un rango entre 120 y 200 rpm. Con base en la revisión y para el caso particular se definió la cantidad de biomasa en dos niveles 1,0 y 2,0 gramos, ya que según la literatura investigada se han obtenido porcentajes de remoción por encima del 80 %. Igualmente, se definió que la agitación fuera de 150 rpm, ya que presento resultados de remoción por encima del 90 % y finalmente, se establecieron tres tiempos, los cuales fueron 60, 120 y 240 minutos en vista de que es la variación que se tiene en la revisión bibliográfica realizada, resaltando también resultados de remoción por encima del 80 %.

**Tabla 3** Variables utilizadas en proyectos de remoción de colorantes con adsorbentes

<b>Título del trabajo</b>	<b>País y año</b>	<b>Biomasa y peso</b>	<b>Colorante</b>	<b>Tiempo de contacto (min)</b>	<b>Agitación (rpm)</b>	<b>Remoción (%)</b>
Adsorption of Eriochrome Black-T(EBT) using tea waste as a low-cost adsorbent by batch studies: A green approach for dye effluent treatments	Reino Unido (2020)	Desechos de té (1.2 g)	Eriochrome Negro-T(EBT)	60	1000	95 %
Determinación de la eficiencia de bioadsorción del colorante rojo allura #40, utilizando tusa de maíz, cáscara de banano y cascarilla de arroz; aplicado a aguas sintéticas (González, Wendy Tatiana; Ladino, 2018).	Colombia (2018)	Tusa de maíz (1,0g)	Rojo allura #40	120	180	99.91 %
		Cáscara de banano (1,0g)				99.36 %
		Cascarilla de arroz (1,0g)				86.56 %
Evaluación de la cáscara de semilla de jatropha curcas l. como bioadsorbente de cromo (iii) (Curcas & Bioadsorbente, 2017).	México (2017)	Cáscara de semilla de jatropha curcas (1,0g)	Cromo (iii)	1440	700	93.42 %



Análisis simultáneo de la remoción de azul brillante y rojo 40 mediante espectrofotometría de derivadas (Villada & Hormaza, 2015).	Colombia (2015)	Corteza de coco (1,0g)	Azul brillante	240	140	75.4 %
			Rojo 40			77,6 %
Adsorptive capacity of sawdust for the adsorption of MB dye and designing of two-stage batch adsorber (Markandeya et al., 2015)	India (2015)	Aserrín (2,0g)	Colorante MB	37,54	150	99 %
Rapid cationic dye adsorption on polyphenol-extracted coffee grounds—A response surface methodology approach (Pavlović et al., 2014).	Serbia (2014)	Café (N/A)	Colorantes catiónicos	15	200	95 %
Study of malachite green adsorption by organically modified clay using a batch method (Arellano-Cárdenas et al., 2013).	México (2013)	Arcilla modificada orgánicamente (1,0g)	Verde malaquita	720	-	99.6 %

Remoción de rojo básico de un efluente textil simulado: un caso de aplicación de la cascarilla de arroz (Álvarez et al., 2011).	Colombia (2011)	Cascarilla de arroz (0,5)	Rojo básico	90	120	91 %
Batch adsorption technique for the removal of malachite green and fast green dyes by using montmorillonite clay as adsorbent (Tahir et al., 2010)	Pakistan (2010)	Arcilla montmorillonita (1,0g)	Verde malaquita	30	120	97 %
Optimization of batch process parameters using response surface methodology for dye removal by a novel adsorbent (Ravikumar et al., 2005)	India (2005)	Mezcla de carbón y cenizas volantes (1,0g)	Astrazone Blue FRR (Basic Blue 69)	230	150	100 %
			Teflon Blue ANL (Acid Blue 125)	245		100 %

*Fuente. Autores, 2022*

Como se puede evidenciar en la *Tabla 3* los factores que se tuvieron en cuenta en cada uno de los proyectos investigados, resaltando que el porcentaje de remoción fue mayor al 80%.

### 8.6.7.2 Diseño experimental

Una vez consultadas las diferentes fuentes bibliográficas, se planteó un diseño experimental con el fin de establecer las variables anteriormente mencionadas. El diseño que se utilizó fue el denominado como factorial multinivel. Así las cosas, se definieron dos factores, cantidad adsorbente y tiempo. Para el primer factor (cantidad de adsorbente) se establecieron dos niveles y para el segundo factor (tiempo) se plantearon tres niveles, como se puede observar en la *Tabla 4*.

*Tabla 4* Diseño factorial multinivel para la remoción del colorante Sky Blue empleando tallos residuales de clavel

Tallos residuales de clavel - Colorante Sky Blue				
Factores		Niveles		
Adsorbente (g)		1	2	
Tiempo (min)		60	120	240

*Fuente. Autores, 2022*

Con base en el diseño estadístico planteado, se debían realizar 6 ensayos variando la cantidad de adsorbente en los tres diferentes tiempos. Con el fin de verificar la reproducibilidad de los resultados se hicieron pruebas por duplicado, lo cual arrojó un total de 12 experimentos.

### 8.6.7.3 Análisis estadístico ANOVA

Con el propósito de comparar los resultados obtenidos para la remoción del colorante Sky Blue se empleó el modelo de varianza ANOVA el cual estudia los datos de diseños que contengan una o más variables cualitativas y una cuantitativa, permitiendo comparar los valores obtenidos para así identificar si existe alguna diferencia significativa (Ordaz et al., 2017). Es importante destacar que entre más datos se tengan, más visible podrá verse la diferencia estadística.

De acuerdo con lo anterior, en el presente estudio se realizó la comparación de la cantidad de biomasa, el tiempo establecido y el porcentaje de remoción obtenido, con el fin de evaluar las interacciones y de esta manera se estableció estadísticamente bajo que variables se obtienen mejores resultados de remoción.

El cálculo de estos parámetros se obtuvo mediante el programa “R Studio” el cual es un lenguaje de programación dedicado a la estadística, interpreta los resultados, genera histogramas y gráficos con respecto al modelo ANOVA y la prueba de rango de TUKEY (Jimenez, 2015).

Con base en lo descrito anteriormente se evidencia el cumplimiento metodológico para el segundo objetivo específico el cual buscaba formular un diseño estadístico, para evaluar la remoción del colorante residual Sky Blue generado en el proceso de teñido de flores, empleando el software estadístico R Studio.

#### **8.6.8 Tercer objetivo: Evaluar el proceso remoción del colorante residual Sky Blue, empleando tallos residuales de clavel, mediante el desarrollo de pruebas discontinuas a escala de laboratorio.**

Para el cumplimiento del tercer objetivo específico, en primera instancia se tuvo en cuenta que el colorante residual Sky Blue fue tomado de la empresa Sunshine Bouquet, con el fin de seguir la trazabilidad de los productos empleados en el proceso. De esta manera, a continuación, se describe el proceso seguido para evaluar su remoción empleando tallos residuales de clavel.

##### **8.6.8.1 Toma de muestra de las aguas residuales resultantes del proceso de teñido (Sky Blue)**

Para la toma de muestras de las aguas residuales se tuvo en cuenta que en la empresa Sunshine Bouquet para determinar que las tinturas ya son destinadas al método de evaporación por calor se le deben dar tres reúsos, por lo que se obtuvo una muestra de colorante Sky Blue con una concentración de  $5,00 \frac{g}{L}$ .

Así, se obtuvo en una muestra de 1,00 litro la cual fue dispuesta por la persona encargada en el área de tinturados, teniendo sus respectivos elementos de protección personal y evitando la excesiva manipulación de la muestra para reducir los riesgos de deterioro o contaminación antes de que esta llegara al laboratorio. En la *Figura 15* se presenta la muestra tomada de la Bouquetera principal.



*Figura 15* Agua residual proceso de tinturado (colorante Sky Blue)

*Fuente. Autores, 2022*

Como se puede ver en la *Figura 15* la muestra fue rotulada con su respectiva fecha de recolección, volumen y concentración, manteniéndola cerrada hasta el momento de realizar los ensayos de laboratorio.

#### **8.6.8.2 Preparación de la solución del colorante Sky Blue**

En primera instancia se preparó 0,250 L de una solución de concentración inicial de  $5,0 \frac{g}{L}$  de Sky Blue. Posteriormente, se realizó una dilución hasta obtener 0,250 L de disolución de concentración del colorante de  $100 \frac{mg}{L}$ . El cálculo para determinar la cantidad de colorante Sky Blue en la preparación de 0,250 L de concentración  $100 \frac{mg}{L}$  se muestra a continuación.

$$C1V1 = C2V2$$

*Ecuación 4 Determinación de volumen para preparar solución*

En donde

C1= Concentración inicial

C2= Concentración final

V1= Volumen inicial

V2= Volumen final

$$5,0 \frac{g}{L} \left( \frac{1000 \text{ mg}}{1 \text{ g}} \right) * V1 = 100 \frac{mg}{L} * 250 \text{ mL}$$

$$V1 = \frac{100 \frac{mg}{L} * 250 \text{ mL}}{5000 \frac{mg}{L}} = \mathbf{5,00 \text{ mL}}$$

Ahora bien, se utilizó 5,00 mL de solución de colorante Sky Blue de concentración  $5,0 \frac{g}{L}$  para la preparación de 0,250 L de muestra problema diluida a  $100 \frac{mg}{L}$ .

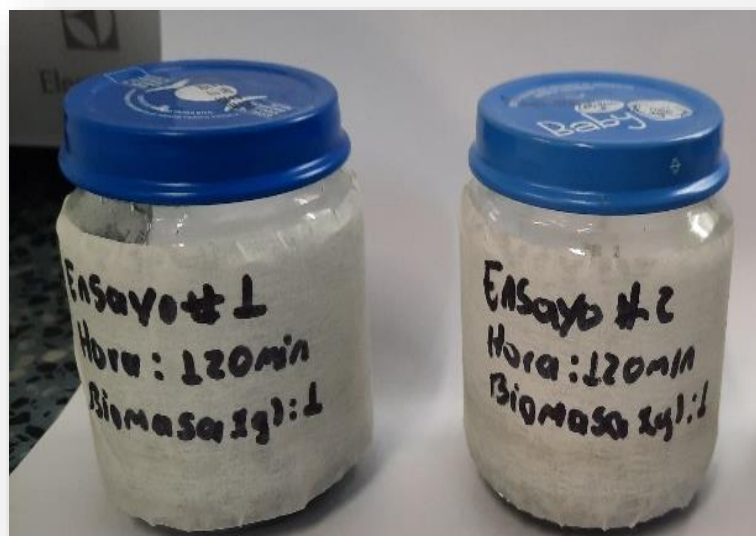
#### **8.6.8.3 Curva de calibración**

Para obtener la longitud de onda de máxima absorbancia del colorante Sky Blue se realizó un barrido en el espectrofotómetro GENESYS 5, de la solución obtenida en el paso anterior. Así las cosas, el barrido se realizó entre 200 y 700 nm. En el apartado de los resultados se presentará el diagrama obtenido.

Una vez definida la longitud de máxima absorbancia se realizó una curva de calibración entre 0 y 100 mg/L del colorante, con el fin de poder cuantificar las soluciones obtenidas luego de los procedimientos de adsorción empleando tallos de clavel.

#### 8.6.8.4 Pruebas de adsorción en discontinuo

Para el montaje del método discontinuo (Batch) se empleó la solución estándar de concentración de 100 mg/L preparada previamente. De esta manera, para cada ensayo se tomaron 10,0 mL de solución de colorante y se adicionó la biomasa de tallos residuales de clavel (1,0 gramo o 2,0 gramos) tamizada a 0.841 mm. En la *Figura 16* se puede observar un procedimiento típico realizado.



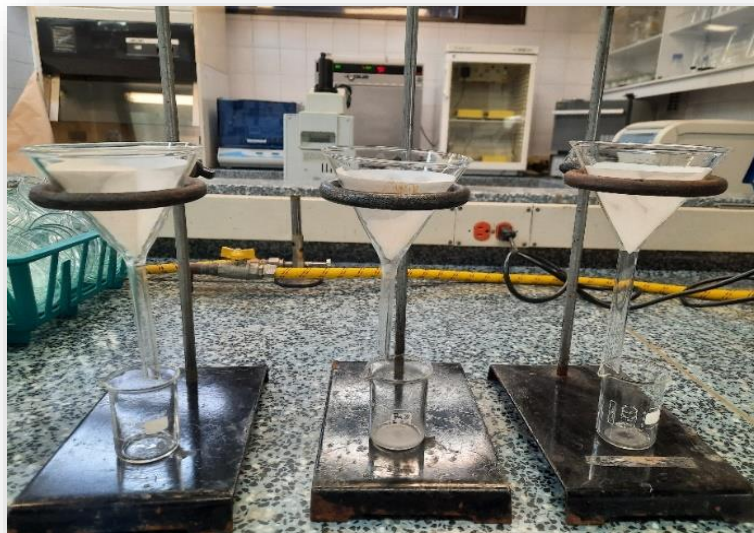
*Figura 16 Mezcla de solución y biomasa*  
*Fuente. Autores, 2022*

Posteriormente, como se puede observar en la *Figura 17* se colocaron las muestras en el agitador orbital durante los tiempos establecidos en la metodología del objetivo específico 2 (60, 120 y 240 minutos) con una agitación constante de 150 revoluciones por minuto y a temperatura ambiente.



**Figura 17** Mezclas en agitador orbital  
**Fuente.** Autores, 2022

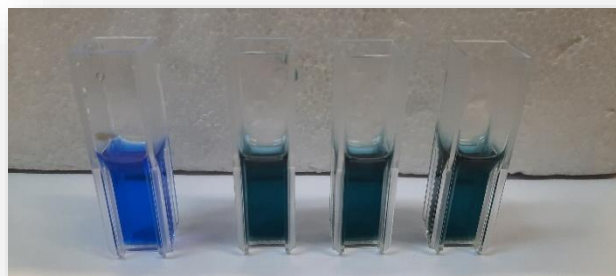
Luego de cumplir con el tiempo que se estipulo, las muestras fueron filtradas como se puede observar en la *Figura 18*, donde se empleó papel filtro en el embudo el cual retuvo la biomasa resultante y las soluciones sin biomasa fueron recolectadas para su posterior análisis.



**Figura 18** Embudos de filtración  
**Fuente.** Autores, 2022

### 8.6.8.5 Lectura en el espectrofotómetro

Para la realización de la lectura en el espectrofotómetro se utilizaron las celdas espectrofotométricas como se puede observar en la *Figura 19*, en donde se añadieron 1000 microlitros de la muestra resultante para cuantificar la absorbancia de cada una y con base en la ecuación de la curva de calibración identificar la concentración de la solución resultante.



*Figura 19* Celdas con muestra resultante para lectura en espectrofotómetro  
*Fuente. Autores, 2022*

Cabe resaltar que las muestras resultantes se dejaron reposar a temperatura ambiente durante 15 minutos y posteriormente fueron llevadas al espectrofotómetro.

### 8.6.8.6 Determinación del porcentaje de remoción

Para determinar la eficiencia de remoción se empleó la metodología propuesta por Efraín Ponce, quien sugiere la aplicación de la *Ecuación 5* para determinar el porcentaje de remoción (Ponce, 2005).

$$\% \text{ Remoción} = \frac{C_{\text{inicial}} - C_{\text{final}}}{C_{\text{inicial}}} \times 100$$

*Ecuación 5* Porcentaje de remoción.

Donde:

C<sub>inicial</sub>: Concentración inicial del estándar evaluado

C<sub>final</sub>: Concentración final del estándar evaluado

Realizando las actividades mencionadas anteriormente, se evaluó el proceso de remoción del colorante residual Sky Blue, empleando tallos residuales de clavel, mediante el desarrollo de pruebas discontinuas a escala de laboratorio.



## 9. Aspecto Éticos

El desarrollo de la presente investigación no requiere aval ético.

## 10. Resultados, análisis y discusión

En este apartado se mostrarán los resultados, análisis y discusión de acuerdo con cada objetivo específico propuesto. Lo anterior con el fin de presentar de forma clara, estructurada y ordenada los datos obtenidos en el desarrollo experimental.

### 10.1 Objetivo específico 1: Caracterizar los tallos residuales de clavel, para ser empleados como adsorbentes del colorante residual Sky Blue resultante del proceso de teñido de flores, empleando normas estandarizadas de caracterización.

Para dar cumplimiento con el objetivo específico número 1 se realizó la caracterización de los tallos residuales de clavel. Específicamente se determinó el porcentaje de humedad, cenizas y sólidos totales de la biomasa obtenida de la Bouquetera Sunshine Bouquet. Es importante destacar que todos los ensayos se realizaron por triplicado. A continuación, se presentan los resultados obtenidos.

### 10.2 Porcentaje de humedad

En la *Tabla 5* se presenta la pérdida de masa de la biomasa sometida al proceso de secado.

*Tabla 5* Pérdida de masa luego de una hora más en el horno para el proceso de secado.

Peso crisol+ Biomasa 24 horas en el horno (g)	Peso del crisol+ Biomasa una hora más (g)	Diferencia (g)
76.25	76.25	0.0022
79.38	79.38	0.0011
91.53	91.53	0.0031
82.37	82.37	0.0026
77.16	77.16	0.0043
76.34	76.34	0.0012
	<b>Promedio</b>	<b>0.0024</b>

*Fuente. Autores, 2022*

Cabe resaltar que la biomasa fue sometida a una hora más en el horno luego de las 24 horas establecidas para el proceso de secado con el fin de comprobar la efectividad del proceso. Como se puede observar en la *Tabla 5* el resultado fue una pequeña pérdida

promedio de masa de 0.0024 g, lo que quiere decir que se obtuvo un peso constante, razón por la cual ya se perdió el total de la humedad.

Utilizando la Ecuación 1, descrita previamente en la metodología se observa que el porcentaje promedio de humedad de los tallos residuales de clavel es 87.42 %.

$$\% \text{ Humedad} = \frac{A - B}{A - C} * 100$$

$$\% \text{ Humedad} = 87.42$$

Dónde:

A = Peso del crisol más la muestra húmeda (g).

B = Peso del crisol más la muestra seca (g).

C = Peso del crisol (g).

Ahora bien, a continuación, en la *Tabla 6* se presenta los datos obtenidos del contenido de humedad de la biomasa en los cuales se obtuvo una desviación estándar de  $\pm 0,94$  con un coeficiente de variación de 0.010, lo que permite evidenciar que la diferencia de cada dato con respecto al promedio es baja, indicando que los datos obtenidos son homogéneos.

**Tabla 6** Determinación del porcentaje de humedad.

Peso del crisol (g)	Masa biomasa húmeda	Peso del crisol+ Biomasa húmeda (g)	Peso del crisol + Biomasa seca (g)	Peso neto de la Biomasa seca sin crisol (g)	Porcentaje de humedad	Desviación estándar	Coeficiente de variación
75.57	4.98	80.56	76.25	0.68	86.35	0.94	0.010
78.83	5.05	83.88	79.39	0.56	88.93		
90.92	4.93	95.86	91.54	0.61	87.60		
81.76	5.02	86.78	82.37	0.61	87.76		
76.50	4.91	81.41	77.16	0.66	86.51		
75.72	4.95	80.67	76.35	0.63	87.36		
<b>PROMEDIO</b>					<b>87.42</b>		

*Fuente. Autores, 2022*

De la *Tabla 6* se destaca que el porcentaje promedio de humedad es  $87.42 \pm 0.94$  el cual corresponde al agua perdida por la biomasa en el proceso de secado. De acuerdo con estudios preliminares sobre el mismo tipo de biomasa, señalan un porcentaje de humedad de 84.16 % (González, Wendy Tatiana; Ladino, 2018). Por consiguiente, el resultado obtenido es similar al resultado de la presente investigación.

De acuerdo con lo anterior, el valor alto de humedad puede ser debido al sistema de riego al que es sometida la flor, además del almacenamiento en cuartos fríos, lo que da como resultado la condensación del agua libre en flores cortadas y follajes asociados.

Por consiguiente, en el caso particular de la empresa Sunshine Bouquet se usa un sistema de riego por goteo, con una distancia entre goteros de 20 cm, de un caudal de 1.0 L por hora. Este sistema representa la base para un buen desarrollo del cultivo, fomentando la propagación y mayor calidad de los tallos, representando una significativa retención de agua (Henry Jersey Corredor Reina, 2019).

Por tal motivo la influencia de un buen sistema de riego es de gran importancia, ya que, si el agua es limitada en el periodo de crecimiento de la flor, el tamaño final de las células disminuirá, lo que conduce a pétalos de mejor tamaño, tallos más cortos y un sistema radicular más pequeño (Henry Jersey Corredor Reina, 2019).

Con base en lo anterior, el porcentaje de humedad de un material es de gran relevancia ya que brinda una idea clara sobre qué tan poroso es y cuánto espacio podría estar disponible para la retención de iones si es que se elimina el agua libre y de saturación (Gómez, 2019). En el caso particular se le retira el contenido de humedad para ser utilizada como adsorbente para la remoción del colorante Sky blue de las aguas residuales del proceso de teñido en la empresa Sunshine Bouquet.

### **10.3 Tamizaje**

Una vez finalizado el proceso de determinación de humedad la biomasa fue molida y clasificada de acuerdo con el tamaño de partícula. Para esto se realizó el proceso de tamizaje con malla 20, obteniendo un tamaño de partícula de 0.841 mm. De esta manera, se parte de la premisa que un tamaño de partícula menor es mucho más favorable para la adsorción del colorante, esto debido a que el área de los poros puede ser más accesible, razón por la cual un menor tamaño de partícula brinda mayor área superficial de contacto (Espinosa & Alejandro, 2021).

### **10.4 Porcentaje de cenizas**

Con la biomasa seca, se procedió a la determinación del porcentaje de cenizas, como se describió en la metodología del presente documento. En la *Ecuación 3* se presenta la fórmula requerida para la determinación de dicho parámetro.

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{CC - W}{CS - W} * 100$$

$$\% \text{ Cenizas} = 8.02$$

Donde:

CC = Peso del crisol más la ceniza (g).

W = Peso del crisol vacío (g).

CS = Peso del crisol con la muestra seca (g).

A continuación, en la *Tabla 7* se presentan los datos obtenidos de la determinación del porcentaje de cenizas, mediante la destrucción por calcinación de la materia orgánica presente en las muestras. Se destaca que se obtuvo una desviación estándar de  $\pm 0.88$  con un coeficiente de variación de 0.11, lo que permite evidenciar que la diferencia de cada dato con respecto al promedio es baja, indicando que los datos obtenidos son homogéneos.

**Tabla 7** Determinación del porcentaje de cenizas.

Número muestra	Peso del crisol (g)	Peso del crisol + Biomasa seca (g)	Peso del crisol+ Ceniza	Porcentaje de ceniza	Desviación estándar	Coficiente de variación
1	75.57	76.25	75.63	7.67	0.88	0.11
2	78.83	79.39	78.88	9.62		
3	90.92	91.54	90.97	7.53		
4	81.76	82.37	81.80	7.16		
5	76.50	77.16	76.55	7.71		
6	75.72	76.35	75.78	8.40		
<b>PROMEDIO</b>				<b>8.02</b>		

*Fuente. Autores, 2022*

Se observa en *Tabla 7* que los tallos de clavel tienen un porcentaje de cenizas de 8.02 %  $\pm 0.88$ . En estudios realizados anteriormente con el mismo tipo de biomasa reportan porcentajes de cenizas de 9.4 % (Fernández & Polania, 2015). Evidenciando que no hay una marcada diferencia con los resultados de porcentaje de cenizas expuestos en este trabajo.

Es importante resaltar que, en el proceso de calcinación el agua y los compuestos orgánicos son expulsados como vapores, siendo transformados en presencia del oxígeno del aire en dióxido de carbono, óxido de nitrógeno y vapor de agua (Márquez, 2014).

Por consiguiente, El valor de cenizas se reporta como el residuo inorgánico que queda después de la combustión de la materia orgánica, el porcentaje de ceniza es un parámetro importante, ya que es un indicador de la cantidad de minerales, materia inorgánica y oligoelementos en la biomasa. Por lo tanto, la ceniza resultante no necesariamente tiene que ser de la misma composición que los minerales presentes en la materia orgánica original, ya que se pueden perder por evaporación o por ciertas interacciones entre los componentes (Márquez, 2014).

### 10.5 Sólidos totales

A continuación, se presentan los resultados de sólidos totales los cuales son calculados con base en la biomasa inicial, húmeda, y biomasa seca. En la ecuación 2 se presenta la formula requerida para determinar el porcentaje de sólidos totales.

$$\% \text{ Sólidos Totales} = \frac{A - W}{B} * 100$$

$$\% \text{ Sólidos Totales} = 12.58$$

Dónde:

A = Peso del crisol más biomasa seca

W = Peso del crisol

B = Biomasa húmeda

En la *Tabla 8* se presentan los datos obtenidos del porcentaje de sólidos totales presentes en la muestra, en los cuales se obtuvo una desviación estándar de  $\pm 0.93$  con un coeficiente de variación de 0.074, lo que permite evidenciar que la diferencia de cada dato con respecto al promedio es baja, indicando que los datos obtenidos son homogéneos.

**Tabla 8** Determinación del porcentaje de solidos totales.

Peso del crisol más biomasa seca	Peso del crisol	Peso de la biomasa húmeda	Sólidos totales	Desviación estándar	Coeficiente de variación
76.25	75.57	4.98	13.65	0.93	0.074
79.38	78.82	5.05	11.07		
91.53	90.92	4.93	12.40		
82.37	81.75	5.02	12.23		
77.16	76.50	4.91	13.49		
76.34	75.72	4.94	12.63		
Promedio			12.58		

**Fuente.** Autores, 2022

Se observa en la *Tabla 8* un contenido de sólidos totales de 12.58 %  $\pm 0.93$ , el cual corresponde a la cantidad de materia que permanece como residuo después de la evaporación y secado. De acuerdo con estudios preliminares se hace la comparación con el estudio realizado a tallos de rosas, en el cual presenta un resultado de 14.54 % de sólidos totales. En este estudio argumentan que al momento de la recolección de las muestras hubo un régimen de precipitaciones abundantes, por lo cual la muestra contaba con un alto porcentaje de humedad influyendo en el porcentaje de sólidos totales (Pacheco et al., 2013).

Según los datos obtenidos, se evidencia un porcentaje de humedad alto, siendo este un factor determinante en el porcentaje de sólidos totales. Esto puede ser ocasionado por la estructura y distribución del tallo, ya que posee una enorme capacidad de retención y transporte de agua en su estela, la cual se caracteriza por la gran cantidad de conductos formados por las células especializadas en la conducción del agua, conocidos como elementos traqueales que se clasifican en elementos de vaso y traqueidas. Los primeros se

comunican entre sí en sus extremos y porciones laterales, las segundas son células alargadas conectadas entre ellas en sus costados (Alemán-Sancheschúlz et al., 2019).

De acuerdo con lo anterior, al momento que la materia orgánica es sometida a los procesos de secado e incineración, pierde la significativa cantidad de agua que contenía, evidenciando el porcentaje de sólidos totales presentes en la muestra (Sluiter et al., 2008).

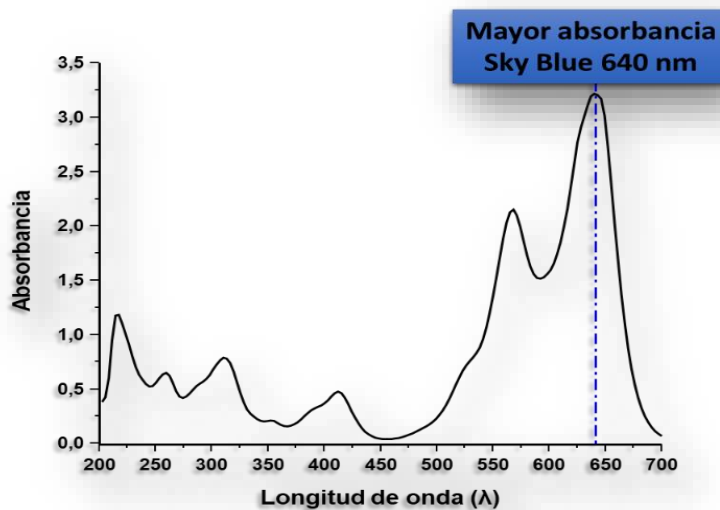
Con base en lo expuesto anteriormente se puede concluir que los tallos de clavel tienen un porcentaje de humedad de 87.42 %, atribuido esencialmente al sistema de riego por goteo y que las camas donde se cultivan siempre están húmedas lo cual incide en la adsorción por parte de la planta. Por otra parte, el porcentaje de cenizas de los tallos de clave es 8.02 %, el cual se debe a la materia inorgánica presente en la biomasa. Finalmente, el valor de sólidos totales de los tallos de clavel es 12.58 %, atribuido a los componentes orgánicos e inorgánicos resultantes luego del proceso de secado.

**10.2 Objetivo específico 2: Formular un diseño estadístico, para evaluar la remoción del colorante residual Sky Blue generado en el proceso de teñido de flores, empleando el software estadístico R Studio y Objetivo específico 3: Evaluar el proceso remoción del colorante residual Sky Blue, empleando tallos residuales de clavel, mediante el desarrollo de pruebas discontinuas a escala de laboratorio.**

En el presente apartado se presentan los resultados y discusión de los objetivos específicos 2 y 3. Si bien, para evaluar el proceso de remoción del colorante residual fue necesario diseñar un diseño experimental, al momento de analizar los dos objetivos se requiere información de los porcentajes de remoción del colorante para identificar que variables influyeron en el proceso. De esta manera, inicialmente se presentan los resultados del objetivo número 3 para luego analizarlos estadísticamente.

### **10.2.1 Curva de calibración**

Inicialmente, con el fin de determinar la longitud de onda de mayor absorbancia del colorante Sky Blue, se realizó el análisis espectrofotométrico con una concentración de 100mg/L. De esta manera, se hizo un barrido a longitudes de onda entre 200 nm a 700 nm obteniendo que el colorante Sky Blue presenta un pico de máxima absorbancia a una longitud de onda de 640 nm, como se observa en la *Figura 20*. Así, es aquí donde la sensibilidad es máxima, confirmando las longitudes de onda reportadas en estudios preliminares donde utilizaron el colorante azul brillante FCF y su longitud de onda de máxima absorbancia fue 630 nm (Torres & Venegas, 2018).



**Gráfica 1** Longitud de onda y mayor absorbancia colorante Sky Blue  
**Fuente.** Autores, 2022

Una vez identificada la longitud de onda de máxima absorbancia se procedió a realizar la curva de calibración. En la *Tabla 9* se presenta los valores de concentración empleados y los valores de absorbancia obtenidos para la curva planteada.

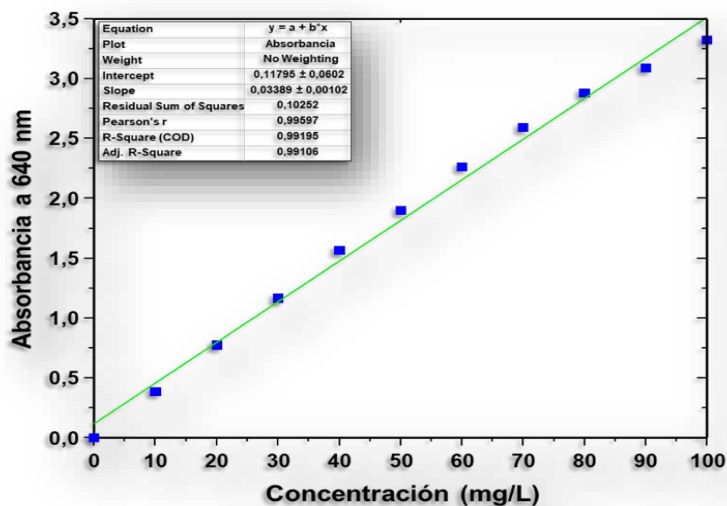
**Tabla 9** Datos obtenidos en la curva de calibración

#	Volumen del colorante (μl)	Volumen H2O (μl)	Concentración (ppm)	Absorbancia
1	1000	0	100	3.32
2	900	100	90	3.09
3	800	200	80	2.88
4	700	300	70	2.59
5	600	400	60	2.26
6	500	500	50	1.90
7	400	600	40	1.56
8	300	700	30	1.16
9	200	800	20	0.77
10	100	900	10	0.38
11	0	1000	0	0

**Fuente.** Autores, 2022

En la *Tabla 9* se pueden observar las concentraciones de las soluciones de trabajo empleadas, expresadas en mg/L. Cada una de ellas fue analizada a la longitud de onda de máxima absorbancia de 640 nm. Con los valores de concentración y absorbancia se realizó la curva de calibración, Gráfica 2. Se evidencia que existe un alto coeficiente de regresión lineal  $R^2$  de 0.99195, indicando que la relación existente entre absorbancia y la

concentración es lineal (González, Wendy Tatiana; Ladino, 2018). Igualmente se observa que las soluciones dan cumplimiento de la ley de Lambert-Beer, la cual indica que a medida que baje la concentración del analito (Sky Blue), menor será el porcentaje de absorbancia (Torres & Venegas, 2018).



**Gráfica 2** Curva de calibración obtenida

*Fuente.* Autores, 2022

### 10.2.3 Pruebas de adsorción en reactores discontinuos

Con la curva de calibración ya realizada, ahora se puede determinar el porcentaje de remoción del colorante Sky Blue empleando los tallos de clavel. En la *Tabla 10* se presentan los resultados obtenidos en las pruebas realizadas utilizando 1.00 y 2.00 gramos de biomasa.

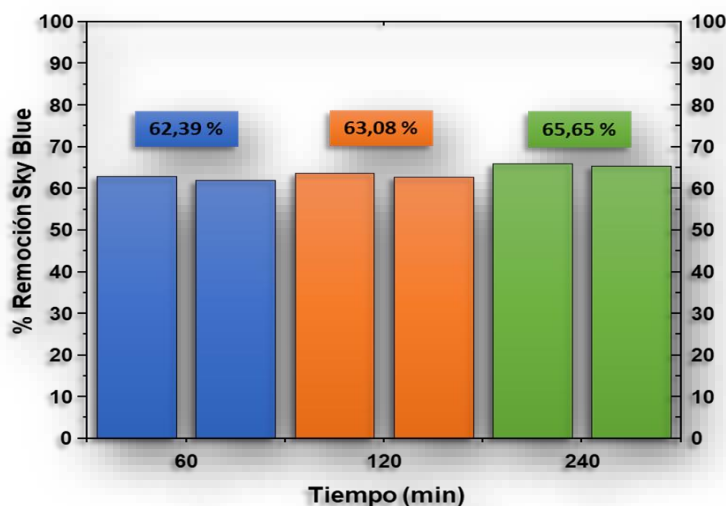
**Tabla 10** Porcentaje de remoción del colorante Sky Blue empleando 1.00 g de tallos de clavel.

Prueba empleando 1.00 g de tallo de clavel					
Número muestra	Tiempo	Absorbancia	Concentración (mg/L)	% de remoción Promedio	% de Coeficiente de variación
1	60	1.379	37.20	$62.39 \pm 0.6$	0.936
2		1.407	38.02		
3	120	1.353	36.43	$63.08 \pm 0.7$	1.091
4		1.386	37.40		
5	240	1.27	33.98	$65.65 \pm 0.5$	0.794
6		1.295	34.72		

*Fuente.* Autores, 2022



Empleando 1.00 g de tallo de clavel, se destaca que se evaluó el proceso de remoción a tres diferentes tiempos como se puede evidenciar en la *Tabla 10*. El tamaño de partícula fue 0.841 mm, agitación constante de 150 rpm y con una concentración inicial de 100 mg/L para todas las muestras, evidenciado que esta concentración disminuyó en todos los casos en un valor aproximado al 60 %. En la *Gráfica 3*, se presentan los resultados obtenidos para cada uno de los ensayos, tomando como base los valores reportados en la *Tabla 10*.



**Gráfica 3** Porcentajes de remoción empleando 1.00 g de biomasa  
**Fuente.** Autores, 2022

De acuerdo con lo anterior y observando la *Gráfica 3*, el tiempo que mostro mejor porcentaje de remoción fue de 240 minutos con un porcentaje de remoción de 65.65 %, mientras que la prueba que mostro menor porcentaje de remoción fue de 60 minutos, con 62.39 %. En todas las pruebas se observa una baja desviación estándar, lo que señala que los datos obtenidos presentan una baja dispersión con respecto al promedio, indicando que los datos obtenidos son homogéneos. En un siguiente apartado se analizará el porqué del proceso de remoción del colorante por la biomasa empleada, entendiendo que las características físicas y químicas tanto del colorante cómo de los tallos de clavel generan una influencia importante.

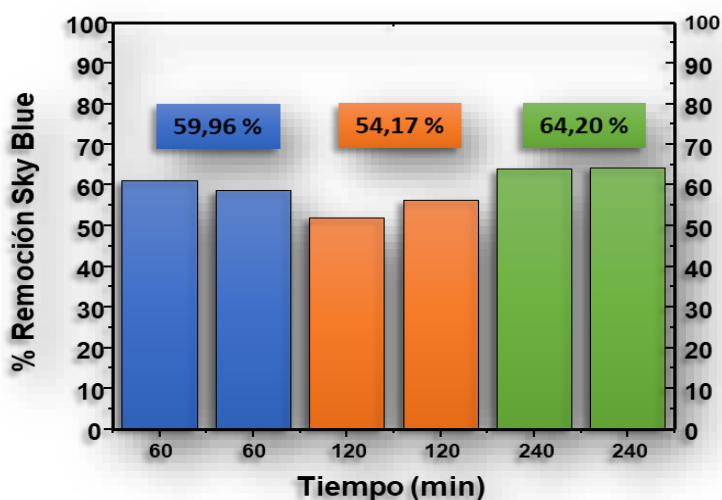
Para las pruebas en discontinuo con 2.00 g de muestra realizadas en el laboratorio, se evaluó a 3 diferentes tiempos como se puede evidenciar en la *Tabla 11*, con un tamaño de partícula de 0.841 mm, una agitación constante de 150 rpm, con una concentración inicial de 100 mg/L para todas las muestras.

**Tabla 11** Porcentaje de remoción del colorante Sky Blue empleando 2.00 g de tallos de clavel.

Prueba empleando 2.00 g de tallo de clavel					
Número muestra	Tiempo	Absorbancia	Concentración (mg/L)	% de remoción Promedio	% Coeficiente de variación
1	60	1.43	38.79	59.96 ± 1.8	2.95
2		1.51	41.30		
3	120	1.74	48.08	54.17 ± 3.2	5.89
4		1.59	43.57		
5	240	1.33	35.93	64.20 ± 0.2	0.29
6		1.32	35.66		

*Fuente. Autores, 2022*

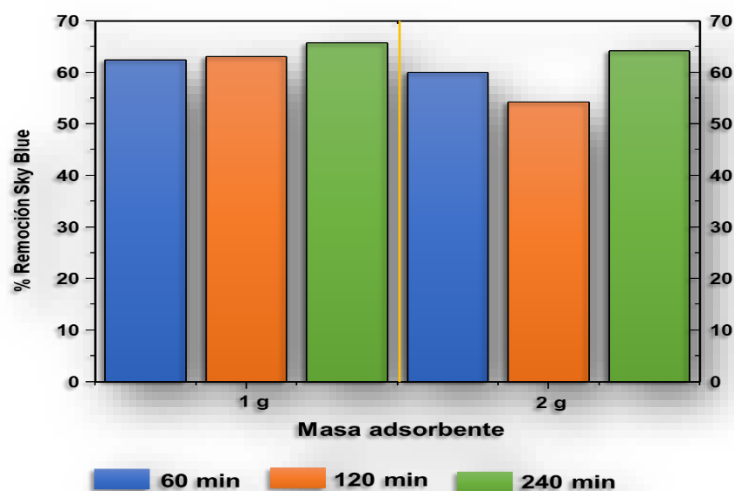
Por consiguiente, el tiempo que mostro mejor porcentaje de remoción fue de 240 minutos con un porcentaje de remoción de 64.20 %, mientras que la prueba que mostro menor porcentaje de remoción fue de 54.17 % a un tiempo de 120 minutos, evidenciado esta diferencia en la Gráfica 4. Se observa una baja desviación estándar en la prueba de 240 minutos, lo que señala que los datos obtenidos presentan una baja dispersión con respecto al promedio, indicando que los datos obtenidos son homogéneos. A diferencia de las pruebas a 60 y 120 minutos, en las cuales se puede observar un valor un poco alto de desviación estándar, señalando que hay dispersión en los datos con respecto al promedio.



**Gráfica 4** Porcentajes de remoción empleando 2.00 g de biomasa  
*Fuente. Autores, 2022*

De acuerdo con lo anterior, se evidencia que entre las pruebas en discontinuo con 1.00 g y 2.00 g, se destaca que el mayor porcentaje de remoción lo presentó la prueba con

1.00 g a 240 minutos, siendo este el tratamiento más efectivo como se evidencia en la *Gráfica 5*. Esto se puede deber a que en la prueba con 1.00 g se generó la saturación del adsorbente, logrando un porcentaje de remoción de 65.65 %. Así, al aumentar a 2.00 g no genero una diferencia marcada en la medida, ya que todos los espacios estarían ocupados y por más que se le adicione adsorbente no genera una influencia relevante (W, Cortés, comunicación personal, 29 de abril de 2022).



*Gráfica 5* Porcentajes de remoción para 1 y 2 gramos de biomasa  
*Fuente.* Autores, 2022

#### 10.2.4 Efecto de la biomasa en la remoción del colorante

Es importante destacar que los tallos de clavel usados como adsorbente son un material lignocelulósico, los cuales presentan una estructura principalmente compuesta por tres componentes poliméricos: lignina con 5.3 %, celulosa con 34.7 % y hemicelulosa con 12.2 % (Suesca Díaz, 2012). Así las cosas, la adsorción es debida a la interacción del colorante con el bioadsorbente, donde el colorante blue sky que contiene moléculas con grupos funcionales cromóforos con cargas negativas, son absorbidas por los materiales lignocelulósicos cargados positivamente, difundándose dentro de las fibras de este material, es en este momento en que se une a los grupos funcionales activos, siendo una cantidad limitada y la accesibilidad a los mismos depende de la fibra (Torres & Venegas, 2018). Sabiendo que los componentes lignocelulósicos de los tallos de clavel están formados principalmente por hemicelulosa con 34.7 % y celulosa con 12.2 %, teniendo un contenido de lignina relativamente bajo.

De acuerdo con lo anterior, una de las razones por las que se vio afectada la remoción del colorante Sky Blue, es por el bajo porcentaje de lignina en la biomasa empleada (tallos de clavel) con 5.3 %, siendo esta fracción natural fundamental en los procesos de adsorción. Con base en lo anterior, en estudios previos evaluaron la determinación de la eficiencia de

adsorción del colorante rojo allura # 40, utilizando tusa de maíz, cáscara de banano y cascarilla de arroz; aplicado a aguas sintéticas. Se evidencia que la eficiencia de remoción de materiales como la cáscara de banano que contiene un 14 % de lignina, presento un porcentaje de remoción de 99.36 %, viéndose favorecida con este componente en el proceso de adsorción, en comparación con la cascarilla de arroz que posee 6.66 % de lignina, el cual presento un porcentaje de remoción de 86.56 % (González, Wendy Tatiana; Ladino, 2018). Por lo tanto, un bajo porcentaje de lignina afecta en gran medida la remoción del colorante.

De la misma manera, de acuerdo con otro estudio, (Torres & Venegas, 2018), se evaluó la capacidad de adsorción de la corteza de naranja, bagazo de caña de azúcar y borra de café para la remoción del colorante azul brillante. En este caso se realizó una activación química de los compuestos lignocelulósicos, haciendo la adición de productos químicos como ácido fosfórico, ácido sulfúrico y cloruro de zinc encargados de promover la adherencia del colorante a la biomasa. En dicho trabajo los porcentajes de remoción estuvieron en el orden de 98.6 % para la borra de café siendo el bioadsorbente más efectivo, seguido de la cascara de naranja con 95 % y finalmente el bioadsorbente que menor porcentaje de remoción tuvo fue el bagazo de caña de azúcar con 62.9 %. En el caso particular, no se adicione ningún producto químico, por lo cual no hubo ningún tipo de activación de los compuestos lignocelulósicos, siendo esta posiblemente una de las razones por las cuales el porcentaje de remoción del colorante Sky Blue empleando tallos residuales de clavel no pudo obtener valores más altos.

### 10.2.5 Modelo ANOVA

Una vez establecido el diseño factorial multinivel con las variables empleadas en los experimentos a escala de laboratorio, se analizó mediante el software R Studio, la influencia de las variables tiempo y cantidad de biomasa con respecto al porcentaje de remoción obtenido. En la *Tabla 12* se presenta los resultados de la interacción tiempo-biomasa con respecto a la remoción obtenida.

**Tabla 12** Anova interacción Tiempo: Biomasa con respecto a la remoción obtenida

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F Value	Pr(>F)
Tiempo	2	80.30	40.15	16.68	0.00354 **
Biomasa	1	54.53	54.53	22.662	0.00312 **
Tiempo: Biomasa	2	32.88	16.44	6.832	0.02841 *
Residual	6	14.44	2.41		
Signif. codes	0 '***' 0.001 '**' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1				

*Fuente. Autores, 2022*

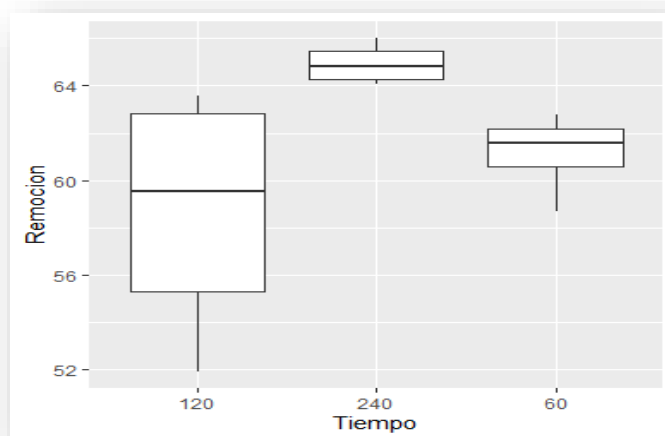
Como se puede observar en la *Tabla 12* existe diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0,05$ ) en la variable tiempo, biomasa y la interacción tiempo-biomasa. Sin embargo, en este primer análisis únicamente se logra observar que existe la diferencia significativa en las variables, es por ello por lo que se realizó la prueba Tukey la cual indica bajo qué tiempo y cuál cantidad de biomasa se presentan valores estadísticamente altos. En la *Tabla 13*, se relacionan los resultados obtenidos para la prueba Tukey.

**Tabla 13** Test de Tukey para variable tiempo

\$ Tiempo				
Tiempo	Diff	Lwr	Upr	P adj
240 - 120	6.2975	2.9320	9.6629	0.0023
60 - 120	2.5425	-0.0822	5.9079	0.1287
60 - 240	-3.7550	-7.1204	-0.3895	0.0325

*Fuente. Autores, 2022*

Ahora bien, como se puede observar en la *Tabla 13*, según la prueba Tukey la relación entre el tiempo 240-120 y 60-240 minutos presenta diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$  equivalente a un nivel de confianza del 95 %), analizando que el tiempo de 120 y 240 minutos presentan diferencias significativas ya que su valor de  $p$  es menor a 0,05, queriendo decir que entre el valor 240-120 minutos existe una diferencia la cual altero los resultados obtenidos de remoción, sin embargo en el siguiente apartado se podrá observar cuál de estas diferencias evidencio un mayor porcentaje de remoción y cual afecto en el porcentaje de remoción Este análisis también fue corroborado con el diagrama de cajas y bigotes realizado en R Studio el cual se presenta en la *Figura 20*.



**Figura 20** Diagrama de caja y bigotes  
*Fuente. Autores, 2022*

Como se puede observar en la *Figura 20* se presenta que el tiempo de 240 minutos si presenta diferencias significativas, sin embargo, se puede observar que el tiempo de 120 minutos es la que presenta mayor dispersión en los datos obtenidos de remoción.

En la *Tabla 12* se presenta los resultados de la prueba Tukey asociada a la influencia del tiempo y la cantidad de biomasa y el porcentaje de remoción.

**Tabla 14** Prueba de Tukey interacción tiempo: biomasa respecto a remoción

§ Tiempo: Biomasa				
Tiempo: Biomasa	Diff	Lwr	Upr	P adj
120:2 – 120:1	-8.910	-15.083	-2.736	0.009
120:2 – 240:1	-11.475	-17.648	-5.301	0.002
120:2 – 60:1	-8.215	-14.388	-2.041	0.013
240:2 – 120:2	10.030	3.856	16.203	0.004

*Fuente. Autores, 2022*

Para el análisis de la prueba de Tukey presentada en la *Tabla 14* se puede observar las diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) señaladas en rojo donde se evidencio que a 120 minutos utilizando 2 gramos de biomasa se obtienen resultados bajos, sin embargo, a menor cantidad de biomasa se obtienen mejores resultados, ya que la mezcla de 1,0 gramos y 10 mL de solución forman una homogeneidad haciendo que el colorante se adsorba rápidamente, de esta manera se dedujo que, a menor cantidad de biomasa, mayor es el porcentaje de remoción.

En cuanto a la variable tiempo se analizó que a una cantidad de 2 gramos y a un tiempo de 240 minutos se obtienen resultados de remoción altos, quiere decir que, entre más tiempo, mayor porcentaje de remoción siempre y cuando se tenga una homogeneidad en la mezcla.

## 11 Conclusiones

Los tallos de clavel tienen un porcentaje de humedad de 87.42 %, atribuido esencialmente al sistema de riego por goteo y que las camas donde se cultivan siempre están húmedas lo cual incide en la adsorción por parte de la planta. Por otra parte, el porcentaje de cenizas de los tallos de clave es 8.02 %, el cual se debe a la materia inorgánica presente en la biomasa. Finalmente, el valor de sólidos totales de los tallos de clavel es 12.58 %, atribuido a los componentes orgánicos e inorgánicos resultantes luego del proceso de secado.

El porcentaje más alto de remoción obtenido fue de 65.65 % para las variables 240 minutos y 1 gramo de biomasa. Se resalta que dicho valor se obtuvo sin alterar el pH de la

muestra original y realizando ensayos a temperatura ambiente, por lo tanto, se concluye que es una buena alternativa que se adapta a los principios de la empresa Sunshine Bouquet.

El diseño experimental se puede concluir que se tuvieron en cuenta los factores a evaluar en el proyecto de investigación según la bibliografía encontrada. En cuanto al análisis de ANOVA se encontró una relación entre el tiempo utilizado y la cantidad de biomasa del adsorbente, constatando que entre más homogeneizada este la mezcla y a mayor cantidad de tiempo de contacto el porcentaje de remoción es mayor.

A nivel general se puede afirmar que el proceso de remoción presenta beneficios económicos para la empresa Sunshine Bouquet ya que los residuos orgánicos como lo son los tallos de clavel podrán ser reutilizados en el proceso productivo del manejo de residuos líquidos después del proceso de absorción y de esta manera se disminuirá la producción de residuos orgánicos, adicional a ello se podrá sustituir el proceso que llevaban a cabo, como lo es la incineración de estas tinturas que generaba olores fuertes, gastos de gas y posibles derrames por el deterioro de las estufas industriales. De esta manera se considera una alternativa que se puede aplicar en la empresa Sunshine Bouquet y en industrias de flores ya que no representa un costo significativo al ser materiales que ellos mismos generan.

## **12 Recomendaciones**

Se recomienda utilizar el factor pH, ya que este factor pH de la solución puede llegar a afectar los grupos funcionales de la pared del material adsorbente, con respecto a los colorantes por lo general en condiciones acidas se favorece la remoción de colorantes ácidos, directo, dispersos y reactivos.

Se recomienda realizar pruebas de reutilización del material adsorbente, que cumpla con un porcentaje de remoción alto para así aprovechar estos tallos residuales de clavel nuevamente alargando su proceso.

Las estufas utilizadas por la empresa Sunshine Bouquet generan gran cantidad de gas y demoran aproximadamente 82 horas en incinerar esta agua residual con colorante, cabe resaltar que estas 82 horas son por 1 día de producción de agua residual con colorante, por lo tanto, además se han presentado casos en que las estufas por estas altas temperaturas se van dañando y generando riegos de este residuo. Se recomienda establecer una nueva alternativa como la del presente estudio, siendo una mejora continua para los procesos de la empresa Sunshine Bouquet.

Se propone realizar un estudio de contenido de lignina en tallos residuales de otro tipo de flor que genere la empresa Sunshine Bouquet con el fin de evaluar con cual se puede llegar a obtener un mayor porcentaje de remoción.

### 13 Referencias Bibliográficas

- ¿Qué es la SAC? - SAC - Sociedad de Agricultores de Colombia. (2022). <https://sac.org.co/que-es-la-sac/>
- A, S. F. S. (2021). Actividades desarrolladas por el sector floricultura en la reserva forestal productora del norte Thomar Van Der Hammen. <https://www.car.gov.co/uploads/files/607a14a7eec55.pdf>
- About Us | Sunshine Bouquet. (2022). <https://sunshinebouquet.com/about-us/>
- Alemán-Sancheschúlz, G., Solano, E., Terrazas, T., & López-Portillo, J. (2019). The hydraulic architecture of terrestrial vascular plants, a review. *Madera y Bosques*, 25(3). <https://doi.org/10.21829/myb.2019.2531828>
- Alma Mater | Universidad El Bosque. (2022). <https://www.unbosque.edu.co/nuestro-bosque/alma-mater>
- Álvarez, H. M., Alemán, R. A., & Angelina, H. A. (2011). Removal of basic red from a simulated textile effluent: A rice husks application case. *Producción + Limpia*, 6(1), 66–75. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1909-04552011000100006&script=sci\\_abstract](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1909-04552011000100006&script=sci_abstract)
- Análisis Humedad y Cenizas | Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. (2022). <https://inta.gob.ar/servicios/analisis-humedad-y-cenizas>
- Anderson, M. (2015). Estudio de la deshidratación por convección forzada en flores de crisantemo del Oriente Antioqueño y su efecto en el proceso de tinturado. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 3(1), 1–15.
- Arbelaez, G. (1993). La floricultura Colombiana de exportación. *Agronomía Colombiana*, 10(1), 297–133. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/21224/22205>
- Arellano-Cárdenas, S., López-Cortez, S., Cornejo-Mazón, M., & Mares-Gutiérrez, J. C. (2013). Study of malachite green adsorption by organically modified clay using a batch method. *Applied Surface Science*, 280, 74–78. <https://doi.org/10.1016/J.APSUSC.2013.04.097>
- Barrios-Ziolo, L. F., Gaviria-Restrepo, L. F., Agudelo, E. A., & Cardona Gallo, S. A. (2015). Tecnologías Para La Remoción De Colorantes Y Pigmentos Presentes En Aguas Residuales. *Dyna*, 82(191), 118–126. <https://doi.org/10.15446/dyna.v82n191.42924>
- Bernal, C. I. V. (2004). Tratamiento de los residuos líquidos del área de tinturados en flores de exportación con *Eichhornia crassipes* (Buchón de Agua). *Treatment of Liquid Waste from the Dyeing Area in Flowers for Export with Eichhornia Crassipes (Buchón de Agua)*, 1(2), 23–27.
- Bogotá, A. (2022). Localidad de Suba | Bogota.gov.co. <https://bogota.gov.co/mi-ciudad/localidades/suba>
- Cachi. (2021). Revisión Sistemática: Sobre las Briquetas de diferentes tipos de biomasa. In *Universidad Andina del Cusco*. [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47102/Gutierrez\\_RS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47102/Gutierrez_RS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Cámara de comercio de Bogotá. (2015). Flores & follajes. *Cámara de Comercio de Bogotá*, 1–42. <https://bibliotecadigital.ccb.org.co/bitstream/handle/11520/14311/FloreFollajes.pdf?sequence=1&isAllowed=y>



Cano, L. (2016). Cuantificación del porcentaje de humedad y cenizas contenidos en los residuos sólidos urbanos del distrito metropolitano de quito año 2015-2016. 99. [https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/2499/1/Cano Leslie Tesis UISEK.pdf](https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/2499/1/Cano%20Leslie%20Tesis%20UISEK.pdf)

CAR. (2019). Acuerdo 02 de 2019 (p. 4). <https://www.car.gov.co/uploads/files/5c8c037f937ad.pdf>

CAR. (2022). Corporación Autonoma Regional. <https://www.car.gov.co/>

Curcas, J., & Bioadsorbente, L. C. (2017). Evaluación de la cáscara de semilla de jatropha curcas l. como bioadsorbente de cromo (iii). [https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/28542/González Espinosa Mario Alberto.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/28542/González%20Espinosa%20Mario%20Alberto.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Díaz, W. (2018). Analisis de las oportunidades del sector floricultor exportador Colombiano frente a las actuales condiciones del mercado en Costa Rica. *Computers and Industrial Engineering*, 2(January), 6. <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/6930/1/5122422-2018-II-NIIE.pdf>

Edwin, F., & Suarez, L. (20 C.E.). Aprovechamiento de los residuos generados en la industria de la floricultura para la producción de etanol y furfural. 1–42. [https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/22274/APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS GENERADOS EN LA INDUSTRIA DE LA FLORICULTURA PARA LA PRODUCCIÓN DE ETANOL Y FURFURAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/22274/APROVECHAMIENTO%20DE%20LOS%20RESIDUOS%20GENERADOS%20EN%20LA%20INDUSTRIA%20DE%20LA%20FLORICULTURA%20PARA%20LA%20PRODUCCION%20DE%20ETANOL%20Y%20FURFURAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

El Ministerio de Ambiente, V. y D. T. (2008). Resolución 909 de 2008. *Diario Oficial No. 47.051*, 1–36. <http://www.ideam.gov.co/documents/51310/527650/Resolucion+909+de+2008.pdf/a3bcd0d-f1ee-4871-91b9-18eac559dbd9>

Espinosa, C., & Alejandro, Y. (2021). Evaluación de biosorbentes naturales para la remoción de cr ( vi ) a partir de una solución acuosa y su potencial aplicación en el tratamiento de efluentes de curtiembres. *Vi. da Andrés Felipe 2021*. [https://repositorio.unbosque.edu.co/bitstream/handle/20.500.12495/7087/Fraile\\_Ojeda Andrés Felipe 2021.pdf?sequence=6&isAllowed=y](https://repositorio.unbosque.edu.co/bitstream/handle/20.500.12495/7087/Fraile_Ojeda_Andrés_Felipe_2021.pdf?sequence=6&isAllowed=y)

Fernández, C., & Polania, V. (2015). Comportamiento de la enzima hepática gamma glutamil transferasa ( ggt ) en novillas de la raza Holstein en su último tercio de gestación alimentadas con rosa y clavel en una finca del municipio de Nemocón , Cundinamarca. *Ciencia Unisalle*, 34–36. [https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1250&context=medicina\\_veterinaria](https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1250&context=medicina_veterinaria)

Función, D. administrativo de la. (2015). Decreto 1076 de 2015 Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible - EVA - Función Pública. *Diario Oficial No. 49.523 de 26 de Mayo de 2015*, 1–920. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=78153>

García Romero, D. (2016). Responsabilidad social ambiental en el sector floricultor Colombiano. *Asocolflores* (2009). <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/14564/GarciaRomeroDeicyMabel2016.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Garzón, M. Y. G. (2019). Formulación y análisis comparativos a partir de la norma flor verde, programa de manejo integrado de plagas (MIP) y manejo de recurso

hídrico en la gestión empresarial de Quality Flowers. Universidad Santo Tomas. <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/18279/2019marthagarzon.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Gómez, O. E. R. (2019). Biosorción estática de mercurio (ii) mediante biomasa residual de tallos de rosa modificada (rosa sp.) en disoluciones acuosas. Universidad Científica Del Sur. Facultad de Ciencias Ambientales. Ingeniería Ambiental., Ii, 1–126. <https://repositorio.cientifica.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12805/2065/TL-Rodriguez-O-Ext.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

González, Wendy Tatiana; Ladino, D. N. (2018). Determinación de la eficiencia de bioadsorción del colorante rojo allura #40, utilizando tusa de maíz, cáscara de banano y cascarilla de arroz; aplicado a aguas sintéticas. [https://repositorio.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/15655/GonzalezNeiraWendyTatiana\\_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/15655/GonzalezNeiraWendyTatiana_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Henry Jersey Corredor Reina. (2019). Plan de Mejoramiento del Proceso de Propagación de Clavel en la Empresa Sunshine Bouquet. Paper Knowledge . Toward a Media History of Documents. <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/16093/2019henrycorredor.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Hernandez, T. (2016). Evaluación de la capacidad de bioadsorción de Pb (II) Y Cd (II) presentes en soluciones sintéticas independientes empleando retamo (*Ulex europaeus*) como adsorbente. Ii. <https://repositorio.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/3797/HernándezRodríguezCarolBrigitte2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Industries, R. K. (2021). Sky Blue 2388. 2388, 1–12.

Inicio - Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2022). <https://www.minambiente.gov.co/>

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2021). Recomendaciones para la toma de muestras para análisis del laboratorio nacional de suelos. 1–20. [https://www.igac.gov.co/sites/igac.gov.co/files/listadomaestro/in-agr-pc01-13\\_recomendaciones\\_para\\_la\\_toma\\_de\\_muestras\\_para\\_analisis\\_en\\_el\\_Ins1.pdf](https://www.igac.gov.co/sites/igac.gov.co/files/listadomaestro/in-agr-pc01-13_recomendaciones_para_la_toma_de_muestras_para_analisis_en_el_Ins1.pdf)

Jaramillo, A. C., Echavarría, A. M., & Hormaza, A. (2013). Diseño Box-Behnken para la optimización de la adsorción del colorante azul ácido sobre residuos de flores. *Ingeniería y Ciencia*, 9(18), 75–91. <https://doi.org/10.17230/ingciencia.9.18.4>

Jimenez, J. (2015). Introducción a R y RStudio. 1–9. <https://ridda2.utp.ac.pa/bitstream/handle/123456789/9428/manual-introduccion-R.pdf?sequence=1>

Johnny, S. (2018). Ventaja comparativa del sector floricultor colombiano que promueva su presencia y le permita fortalecerse en el marco del TLC con corea del sur. *Gastrointestinal Endoscopy*, 10(1), 279–288. <http://dx.doi.org/10.1053/j.gastro.2014.05.023><https://doi.org/10.1016/j.gie.2018.04.013><http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29451164><http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC5838726><http://dx.doi.org/10.1016/j.gie.2013.07.022>

Jorge Montalvo, P. A., Flores del Pino, L., Visitación Figueroa, L., & Naveda Rengifo, R. A. (2019). Remoción de lignina en el pretratamiento de cascarilla de arroz por explosión con vapor. *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, 85(3), 352–361. <https://doi.org/10.37761/rsqp.v85i3.245>

José, F., & Buitrago, M. (2006). Análisis sectorial de competitividad de la floricultura en Colombia , durante el periodo 1993-2003. <https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1423&context=economia>

Losada, L. M., Castillo, E. J. L., & Restrepo, Ederson Ardnnet Osorio, Efraím Adolfo Serna Galvis, R. A. T. P. (2017). Tratamiento de aguas contaminadas con colorantes mediante fotocátalisis con TiO<sub>2</sub> usando luz artificial y solar. *Producción + Limpia*, 12(1), 41–48. <https://doi.org/10.22507/pml.v12n1a4>

Luna, J. G. (2020). Análisis sistema de gestión ambiental ISO 14001:2015 sector floricultor – caso de estudio. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/37871>

Markandeya, Singh, A., Shukla, S. P., Mohan, D., Singh, N. B., Bhargava, D. S., Shukla, R., Pandey, G., Yadav, V. P., & Kisku, G. C. (2015). Adsorptive capacity of sawdust for the adsorption of MB dye and designing of two-stage batch adsorber. *Cogent Environmental Science*, 1(1). <https://doi.org/10.1080/23311843.2015.1075856>

Márquez, B. (2014). Cenizas y Grasas. Universidad Nacional de Sn Agustín, 3–165. <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/4188/IAmasibm024.pdf?sequence=1&isA>

Martin, Y. S. (2013). Evaluación del comportamiento de mezclas de residuos forestales e industriales en la remoción de color de aguas residuales. *Cenida.Una.Edu.Ni*, 68. <https://dspace.uclv.edu.cu/handle/123456789/2198>

Minambiente, M. de A. y D. sostenible. (2015). Resolución 631 de 2015. *Diario Oficial No. 49.486 de 18 de Abril de 2015*, 2015(49), 73. [http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/d1-res\\_631\\_marz\\_2015.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/d1-res_631_marz_2015.pdf)

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2012). Decreto 2667 de 2012. Cc, 15. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=51042>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017). Resolución 2254 de 2017 - Niveles Calidad del Aire. <http://www.ideam.gov.co/documents/51310/527391/2.+Resolución+2254+de+2017+-+Niveles+Calidad+del+Aire..pdf/c22a285e-058e-42b6-aa88-2745fafad39f>

Moreno, F. A., Robayo Quintana, M., Ferrucho Rodríguez, L., & Vargas Oyola, M. (2016). Aprovechamiento de residuos vegetales de pétalos de rosas, tallos de girasol y vástago de plátano para la fabricación artesanal de papel. *Marzo 28 de 2016*, 20, 71–82. <http://biblioteca.uniminuto.edu/ojs/index.php/Inventum/article/view/1444/1379>

Ordaz, J. antonio, Melgar, M. del C., & Rubio, C. (2017). Métodos estadísticos y econométricos en la empresa y para Finanzas. In Universidad Pablo de Olavide. [https://www.upo.es/export/portal/com/bin/portal/upo/profesores/jaordsan/profesor/1311101268463\\_mxtodos\\_estadxsticos\\_y\\_economxtricos\\_en\\_la\\_empresa\\_y\\_para\\_finanzas.pdf](https://www.upo.es/export/portal/com/bin/portal/upo/profesores/jaordsan/profesor/1311101268463_mxtodos_estadxsticos_y_economxtricos_en_la_empresa_y_para_finanzas.pdf)

Pacheco, A., Moran, J., Breff, D., & Saborít, E. (2013). Caracterización física , físico-química y química de extractos totales de hojas frescas de *Petiveria alliacea* L . con acción antimicrobiana. *Revista Mexicana De Ciencias*, 44, 52–59. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1870-01952013000100007](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-01952013000100007)

Patricia, B. (2018). La gerencia del talento humano con enfoque de comunicación estratégica alineado a la sustentabilidad y sostenibilidad. *Nuevos Sistemas de*

Comunicación e Información, 2013–2015. [https://repository.usergioarboleda.edu.co/bitstream/handle/11232/1091/La\\_gerencia\\_del\\_Talento\\_Humano\\_con\\_enfoque\\_de\\_comunicación.pdf?sequence=1](https://repository.usergioarboleda.edu.co/bitstream/handle/11232/1091/La_gerencia_del_Talento_Humano_con_enfoque_de_comunicación.pdf?sequence=1)

Pavlović, M. D., Buntić, A. V., Mihajlovski, K. R., Šiler-Marinković, S. S., Antonović, D. G., Radovanović, Ž., & Dimitrijević-Branković, S. I. (2014). Rapid cationic dye adsorption on polyphenol-extracted coffee grounds—A response surface methodology approach. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 45(4), 1691–1699. <https://doi.org/10.1016/J.JTICE.2013.12.018>

Peluffo, G., & Castro, S. (2019). Evaluación de la capacidad de adsorción del colorante azul marino directo (Amd) en solución acuosa con carbón obtenido de cáscaras de bananas. *Αγαη*, 8(5), 55. <https://repositorio.cuc.edu.co/handle/11323/4828?show=full>

Ponce, E. (2005). Diseño de un tren de potabilización para una planta generadora de agua embotellada. 51–68. [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lic/ponce\\_o\\_e/](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/ponce_o_e/)

Prinsen, P. (2013). Caracterización química y estructural de lignina y lípidos de materiales lignocelulósicos de interés industrial. 5–10. <https://idus.us.es/handle/11441/53549>

Quivera. (2012). Tratamiento de agua residual doméstica para el desarrollo local sostenible: el caso de la técnica del sistema unitario de tratamiento de aguas, nutrientes y energía (SUTRANE) en San Miguel Almaya, México. 1–21. <https://www.redalyc.org/pdf/401/40123894005.pdf>

Raigoza, M. G., & Arroyave, J. D. M. (2017). Remoción de colorantes de aguas residuales resultantes del tinturado de flores. 1–28. [https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/13228/Manuela\\_GiraldoRaigoza\\_2017.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/13228/Manuela_GiraldoRaigoza_2017.pdf?sequence=2&isAllowed=y)

Ramos-Galarza, C. A. (2020). Los Alcances de una investigación. *CienciAmérica*, 9(3), 1. <https://doi.org/10.33210/ca.v9i3.336>

Ravikumar, K., Pakshirajan, K., Swaminathan, T., & Balu, K. (2005). Optimization of batch process parameters using response surface methodology for dye removal by a novel adsorbent. *Chemical Engineering Journal*, 105(3), 131–138. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2004.10.008>

Rincón, S. N. (2020). Aprovechamiento de biomasa lignocelulósica proveniente de rosas utilizando el proceso organosolv. 131.

Rivas, S. (2014). Biomass hemicellulose valorization. 363. [http://www.investigacion.biblioteca.uvigo.es/xmlui/bitstream/handle/11093/141/Valorizacion\\_de\\_hemicelulosas\\_de\\_biomasa\\_vegetal.pdf?sequence=1](http://www.investigacion.biblioteca.uvigo.es/xmlui/bitstream/handle/11093/141/Valorizacion_de_hemicelulosas_de_biomasa_vegetal.pdf?sequence=1)

Ruiz, J. A. B. (1984). Espectrofotometría: Espectros de absorción y cuantificación colorimétrica de biomoléculas. *SAE Technical Papers*, 1–8. <https://doi.org/10.4271/841496>

Sluiter, A., Hames, B., Ruiz, R., Scarlata, C., Sluiter, J., Templeton, D., & Crocker, D. (2008). Determination of structural carbohydrates and lignin in Biomass - NREL/TP-510-42618. National Renewable Energy Laboratory, April 2008, 17. <http://www.nrel.gov/docs/gen/fy13/42618.pdf>

Suesca Díaz, A. (2012). Producción de enzimas celulolíticas a partir de cultivos de *Trichoderma sp.* con biomasa lignocelulósica. Universidad Nacional de Colombia, 85. <http://www.bdigital.unal.edu.co/7843/1/300054.2012.pdf>

Tahir, H., Hammed, U., Sultan, M., & Jahanzeb, Q. (2010). Batch adsorption technique for the removal of malachite green and fast green dyes by using montmorillonite clay as adsorbent. African Journal of Biotechnology, 9(48), 8206–8214. <https://doi.org/10.5897/ajb10.911>

Tejada-Tovar, C., Villabona-Ortiz, Á., & Garcés-Jaraba, L. (2015). Adsorción de metales pesados en aguas residuales usando materiales de origen biológico. TecnoLógicas, 18(34), 109. <https://doi.org/10.22430/22565337.209>

Torres, A., & Venegas, G. (2018). Evaluación de la capacidad de adsorción de la corteza de naranja (citrus sinensis), bagazo de caña de azucar (saccharum officinarum) y borra de café (coffea arabica) para la remoción del colorante azul brillante fcf. Universidad Distrital Francisco José De Caldas, 109. <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/14019/TorresGalindoAnyeLiseth2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

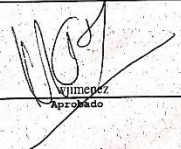
Vander Wielen, L. C. (2005). The Structure and Physical Properties of Pulpwood Fibers. c, 1–31. [http://biorefinery.utk.edu/technical\\_reviews/Proerties of Pulpwood Fibers.pdf](http://biorefinery.utk.edu/technical_reviews/Proerties of Pulpwood Fibers.pdf)

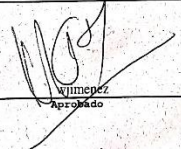
Villada, Y., & Hormaza, A. (2015). Análisis simultáneo de la remoción de azul brillante y rojo 40 mediante espectrofotometría de derivadas. Ingeniería y Desarrollo., 33(1), 38–58. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0122-34612015000100004](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-34612015000100004)

## 14 Anexos

Se reúne el material que se utilizó para el desarrollo de la investigación.

C.I. SUNSHINE BOUQUET S.A.S								
SALIDA FLOR NACIONAL								
NIT 830010738-0				Número: 010-SFN-00040017				
				Fecha: 07/03/2022				
				Alterno: P INVESTIGACION				
Tercero:		1		FLOR NACIONAL				
Notas:		P INVESTIGACION AMBIENTAL BOT CAMILO RIVEROS						
Item	Bodega	Motivo	U.M.	Cantidad E/S	Costo total Lote	C.O. U.N.	C.Costo	
0004589	- CLAVEL	- ROSADO	FLOR NACIONAL	ENC01	602-92	TALL	38,00 S	50,00
				Total	(38,00)		50,00	
					0,00			

  
 wjimenez  
 Elaborado por

  
 wjimenez  
 Aprobado

Recibido

*Anexo 1. Autorización por Sunshine Bouquet para el uso de tallos residuales de clavel*  
*Fuente. Autores, 2022*


**ROBERT KOCH Industries Inc.**  
 4770 Harback Road, Bennett, CO 80102 USA  
 Tel: 303.644.3763 Fax: 303.644.3045  
 www.kochcolor.com

**Technical Data Sheet**


**Sky Blue 2388**  
 Water Soluble Floral Dye

**Product Description / Intended Use**

Sky Blue 2388 is a water soluble dye mixture used to color fresh flowers and foliage.



**Shade Progression**  
 Light turquoise blue at low concentrations progressing to a bright sky blue then an intense blue at higher concentrations.\*



**Physical & Chemical Properties**

Chemical nature: water soluble dye mixture  
 Ionic nature: anionic  
 Physical Form: powder  
 Bulk density: 0.55 - 0.75  
 Solubility: excellent solubility in water, 200g/l @ 20°C  
 slight solubility in glycols and alcohols  
 Shade: Bright Blue  
 Light fastness: Poor  
 Systemic Uptake Rate: 9 (1= slow, 5=moderate, 10=fast)  
 Recommended pH: 2.5 - 3.5

For additional information, refer to the Technical Data Sheet for each of the component dyes in this mixture.

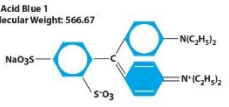
**Storage & Handling**

**Storage:** Store in a closed container in a dry environment.  
**Shelf Life:** 6 years.  
**Handling:** Transfer dye powder carefully to avoid creating dust.

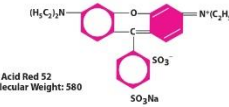
**Color Components**

Component	CAS Number
C.I. Acid Blue 1	129-17-9
C.I. Acid Red 52	3844-45-9
Sodium Sulfate	7737-82-6

**C.I. Acid Blue 1**  
 Molecular Weight: 566.67



**C.I. Acid Red 52**  
 Molecular Weight: 580



**Typical Use Rates**

This dye can be added to water at varying concentrations to produce shades ranging in intensity from light to strong.

Light shade:	1/2 ounce/gallon	(3.7 grams/liter)
Medium shade:	1 ounce/gallon	(7.5 grams/liter)
Dark Shade:	2 ounces/gallon	(15 grams/liter)

For instructions on using this dye in floral applications please refer to technical bulletin #101 - Dyeing Fresh Cut Flowers & Foliage with Absorption (Systemic) Dyes.


**Standard Packaging**

1-lb jar	5-lb jar	25-lb pail	100-lb drum
----------	----------	------------	-------------

Custom packaging available.

\* Disclaimer: Color shown is a CMYK approximation only. Actual color may vary depending upon concentration and the nature of the product to which the dye is applied. One caution should be exercised in all products and applications. It is essential that thorough testing be exercised on a sample basis before proceeding to use the dye on a production level. To our best knowledge, the information and recommendations contained herein are accurate and reliable. However, this information and our recommendations are furnished without warranty, representation, inducement, or license of any kind, including, but not limited to, the implied warranties of merchantability and fitness for a particular use or purpose. Customers are encouraged to conduct their own tests to test the available product literature carefully before using the product.

Copyright © 2021 by Robert Koch Industries, Inc., All rights reserved.



Version 2

*Anexo 2. Ficha técnica colorante Sky Blue*  
*Fuente. Autores, 2022*

FORMATO ASISTENCIA A LOS LABORATORIOS DE LA UNIVERSIDAD EL BOSQUE Y ACTIVIDADES REALIZADAS		FIRMA DIRECTOR DE PROYECTO	
LUNES 07/03/22	9:00 a. m.	Inicio laboratorio de humedad	
	10:00 a. m.	Encendido de horno a 105 °C	
	11:00 a. m.	Triturado de biomasa	
	3:00 p. m.	Ingreso crisoles con biomasa triturada al horno	
	4:00 p. m.	Reporte de datos obtenidos	
MARTES 08/03/22	9:00 a. m.	Preparación laboratorio de cenizas	
	11:00 a. m.	Registro fotografico muestras dia anterior	
	1:00 p. m.	Encendido de mufla para llegar a 600°C	
	2:00 p. m.	Retiro crisoles con biomasa e ingreso al desecador	
	2:10 p. m.	Retiro crisoles desecador e ingreso a horno	
	3:00 p. m.	Retiro crisoles del horno	
	3:05 p. m.	Ingreso crisoles a mufla durante 4 horas	
	3:10 p. m.	Proceso de molido y tamizado muestra restante	
MIÉRCOLES 09/03/22	7:05 p. m.	Verificación de mufla y apagado de esta	
	9:00 a. m.	Reporte de datos obtenidos	
	10:00 a. m.	Realización de los porcentajes de humedad obtenidos	
	11:30 a. m.	Verificación de la mufla y retiro de los crisoles	
	12:30 p. m.	Peso de crisoles obtenidos	
	1:00 p. m.	Realización de porcentajes de cenizas obtenidos	
	1:30 p. m.	Reporte de datos y recomendaciones	
2:00 p. m.	Estimación varianzas, promedios y coeficiente de variación		
	3:00 p. m.	Finalización de datos obtenidos reflejados en tablas de excel	

**Anexo 3. Formato asistencia a los laboratorios iniciales y actividades realizadas**  
**Fuente. Autores, 2022**

FORMATO ASISTENCIA UNIVERSIDAD Y LABORATORIOS			FIRMA DIRECTOR DE PROYECTO
MARTES 29/03/22	9:00 a. m.	Inicio laboratorio de remoción	TW113-t
	10:00 a. m.	Establecer concentración inicial	
	12:00 p. m.	Realizar curva de calibración	
	2:00 p. m.	Verificación longitud de onda para espectrofotómetro	
	4:00 p. m.	Reporte de datos obtenidos	
MIÉRCOLES 30/03/22	9:00 a. m.	Preparación concentración a utilizar	TW113-t
	1:00 p. m.	Barrido de espectrofotómetro	
	2:00 p. m.	Verificación longitud de onda de máxima absorbancia	
	3:00 p. m.	Pesaje de la muestra	
	3:30 p. m.	Preparación muestra en frasco	
	4:00 p. m.	Encendido agitador orbital	
	4:10 p. m.	Mezcla biomasa y colorante	
5:00 p. m.	Inicio ensayo de 15 horas	TW113-t	
7:00 a. m.	Preparación muestras metodo Batch		
7:30 a. m.	Encendido espectrofotómetro		
8:00 a. m.	Retiro ensayo de 15 horas		
8:15 a. m.	Verificación absorbancia en espectrofotómetro		
9:00 a. m.	Inicio muestras Batch ( 60 minutos, 120 minutos y 240 minutos)		
9:30 a. m.	Preparación muestras metodo filtros continuos		
10:00 a. m.	Retiro muestras Batch 60 minutos		
10:15 a. m.	Verificación absorbancia en espectrofotómetro		
10:30 a. m.	Inicio metodo filtros continuos		
10:45 a. m.	Verificación absorbancia en espectrofotómetro		
11:00 a. m.	Retiro muestras Batch 120 minutos		
11:15 a. m.	Verificación absorbancia en espectrofotómetro		
11:20 a. m.	Segundo ensayo metodo filtros continuos		
11:30 a. m.	Verificación absorbancia en espectrofotómetro		
11:40 a. m.	Reporte de datos obtenidos		
1:00 p. m.	Retiro muestras Batch 240 minutos		
1:15 p. m.	Verificación absorbancia en espectrofotómetro		
1:30 p. m.	Reporte de datos obtenidos		
2:00 p. m.	Obtención porcentajes de remoción		
3:00 p. m.	Obtención 6 muestras problema para verificar fotodegradación		

*Anexo 4. Formato asistencia a los laboratorios finales y actividades realizadas*  
**Fuente.** Autores, 2022