# ESTUDIO DE LOS COMPUESTOS RESPONSABLES DE LA ACTIVIDAD COLORANTE DE ESPECIES DE USO TRADICIONAL POR COMUNIDADES INDÍGENAS COLOMBIANAS

**NASLY KATERINE QUINTERO LOZADA**

**JENCY LEONEL CRUZ BAQUERO**

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

**UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y EDUCACIÓN**

**PROYECTO CURRICULAR DE LICENCIATURA EN QUÍMICA**

**BOGOTÁ**

**2018**

# ESTUDIO DE LOS COMPUESTOS RESPONSABLES DE LA ACTIVIDAD COLORANTE DE ESPECIES DE USO TRADICIONAL POR COMUNIDADES INDÍGENAS COLOMBIANAS

**NASLY KATERINE QUINTERO LOZADA**
**JENCY LEONEL CRUZ BAQUERO**

**TESIS DE GRADO PARA OPTAR AL TITULO DE LICENCIADO EN QUÍMICA**

**DIRECTORA**
**Dr. BEATRIZ OFELIA DEVIA CASTILLO**

**UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS**
**FACULTAD DE CIENCIAS Y EDUCACIÓN**
**PROYECTO CURRICULAR DE LICENCIATURA EN QUÍMICA**
**BOGOTÁ**
**2018**

**NOTA DE ACEPTACIÓN**

_____

_____

**Director(a)**

**Beatriz Ofelia Devia Castillo**

_____

**Evaluador**

**Josué Anselmo García**

**Bogotá D.C**

## AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirme crecer espiritualmente cada día y ofrecerme su ayuda a pesar de cada adversidad y dificultad. A mi madre por su apoyo incondicional y acompañamiento en cada una de las etapas de mi vida, a mi padre y hermano por brindarme su confianza. A mis compañeros y amigos de Universidad de quienes he aprendido a fortalecer las debilidades. A cada uno de los profesores que me guiaron en este camino, especialmente a mi directora Beatriz Devia.

*Nasly Katerine Quintero Lozada*

A Dios por haberme permitido llegar a este nuevo logro en mi vida, a mi madre y hermanos por su apoyo incondicional en cada adversidad. A mis compañeros y amigos de la universidad por su compañía y apoyo en cada etapa de esta hermosa carrera. A cada uno de los docentes del proyecto curricular en especial a mi directora Beatriz Devía.

*Jency Leonel Cruz Baquero*

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

| | |
|---|---|
| **Ae** | ácido elágico |
| **Alz** | Alizarina |
| **Antr** | Antraquinona |
| **Apg** | Apigenina |
| **Ag** | ácido gálico |
| **Bcf** | *Bocconia frutescens* |
| **Ext Me** | Extracto metanólico |
| **Jgl** | Juglona |
| **Jgn** | *Juglans neotropica* |
| **HPLC-DAD**. | Por sus siglas en inglés, High performance Liquid Chromatography-Diode Array Detector (Cromatografía Líquida de Alta Resolución-Detector de Arreglo de Diodos). |
| **Glc** | *Galium canescens* |
| **Kae** | Kaempferol |
| **Luc** | Lucidina |
| **Lut** | luteolina |
| **Mcl** | Maclurina |
| **Mct** | *Maclura* tinctoria |
| **Mrn** | Morina |
| **Mun** | Munjistina |
| **Pur** | Purpurina |
| **Qlt** | Queleritrina |
| **Rub** | Rubiadina |
| **San** | sanguinarina |
| **Spur** | seudopurpurina |
| **UV-vis** | Región espectral del ultravioleta al visible |
| **Xpur** | Xantopurpurina |

CONTENIDO

**Página**

RESUMEN....……....14

1 INTRODUCCIÓN……..16

2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA……...17

3 JUSTIFICACIÓN……...18

4 ANTECEDENTES…….....19

5 OBJETIVOS…….....22

5.1 OBJETIVO GENERAL…….....22

5.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS…….....22

6 MARCO TEORICO REFERENCIAL……...23

6.1 COMUNIDADES INDÍGENAS DE DONDE PROVIENEN LAS ESPECIES ESTUDIADAS……..23

6.1.1 Comunidad Ika…….23

6.1.2 Comunidad Zenú……..23

6.1.3 Comunidad de los Pasto……...23

6.2 COLORANTES NATURALES…….24

6.2.1 Composición de los colorantes, definición y clasificación……..24

6.2.2 Metabolitos secundarios responsables de la actividad tintórea……25

6.2.3 Metabolitos secundarios responsables de la propiedad tintórea de las especies estudiadas.26

6.2.3.1 *Bocconia frutescens L.* (Papaveraceae)……..27

6.2.3.2 *Juglans neotrópica Diels*. (Juglandaceae)……30

6.2.3.3. *Maclura tinctoria* L. (Moraceae)……..31

6.2.3.4 *Justicia secunda Vahl*. (Acanthaceae*)*……...37

6.2.3.5 *Galium canescens L*. (Rubiaceae)……..38

6.3 APLICACIONES DE COLORANTES EN LA INDUSTRIA TEXTIL……..…….....41

6.3.1 Teñido de las fibras……...41

6.3.2 Fibras textiles……42

6.4 POLIFENOLES TOTALES……45

6.4.1 Métodos de cuantificación de polifenoles totales…….45
6.5 ANALISIS DE COLORANTES……..45
7 DISEÑO METODOLÓGICO……46
7.1 SELECCIÓN, RECOLECCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE LAS ESPECIES……...46
7.2 ANÁLISIS FITOQUÍMICO PRELIMINAR……..47
7.3 CUANTIFICACIÓN POLIFENOLES TOTALES EN EXTRACTOS METANÓLICOS de *Justicia secunda, Bocconia frutescens, Galium canescens, Chlorophora tinctoria y Juglans neotrópica*……..49
7.4TEÑIDO SOBRE FIBRA CELULÓSICA……..50
7.4.1 Tratamiento previo del material textil……..50
7.4.2 Descrudado……...50
7.4.3 Mordentado……...50
7.5 PREPARACIÓN DE LA SOLUCIÓN TINTÓREA……...51
7.5.1 Proceso de teñido……..51
7.6 ANÁLISIS E IDENTIFICACIÓN POR HPLC-DAD…….53
7.6.1 Extracción y análisis de la fibra textil teñida……53
7.6.2 Hidrólisis débil……..53
7.6.3 Hidrólisis fuerte……53
7.6.4 Características del método instrumental……...54
8 RESULTADOS Y DISCUSIÒN……54
8.1 SELECCIÓN, RECOLECCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE LAS ESPECIES……...54
8.2 ANÁLISIS FITOQUÍMICO PRELIMINAR……..55
8.3 CUANTIFICACIÓN DE POLIFENOLES TOTALES……...61
8.4 TEÑIDO SOBRE ALGODÓN (FIBRAS CELULÓSICAS)……..66
8.4.1 Ensayos de teñido…….66
8.5 RELACIÓN DE LOS COMPUESTOS PRESENTES EN EL EXTRACTO DE LA SOLUCIÓN TINTÓREA Y EN EL EXTRACTO OBTENIDO DE LAS FIBRAS TEÑIDAS..71
8.5.1 *Justicia secunda Valh* (Jss)……...72
8.5.2 *Bocconia frutescens L. (Bcf)*…….75
8.5.3 *Maclura tinctoria* L. (Mct)……...78
8.5.4 *Juglans neotrópica Diels.* (Jgn)……80
8.5.5 *Galium canescens* L. (Glc)……...82

8.6 FICHA TÉCNICA DE ESPECIES COLORANTES……..85
9 CONCLUSIONES……...…..……101
10 RECOMENDACIONES……104
11 BIBLIOGRAFÍA……105

## INDICE DE FIGURAS

**Página**

**Figura 1**. Fibra sintética denomina spandex, licra o elastano. Su estructura química se conforma por polímeros (poliuretanos o poliurea) a base de un éter polibutenico o polímero amorfo. Se caracteriza por tener moléculas de gran longitud, flexibilidad y grupos (-OH) en los extremos (Male, 2012)..... 42

**Figura 2.** Cadena celobiósica de la fibra de celulosa. La celulosa es un polímero lineal, cuya unidad básica en la D-glucosa que se enlaza mediante un enlace glucosídico en la configuración β-(1→4) dando lugar a la unidad de celobiosa que se repite exactamente en la cadena polimérica..... 43

**Figura 3.** Cadena proteica, constituida por enlaces covalentes de tipo amido y dispuestos en forma lineal..... 43

**Figura 4.** Interacción del colorante xantopurpurina con la fibra de celulosa..... 44

**Figura 5.** Interacción de la colorante xantopurpurina con fibra proteínica..... 44

**Figura 6.** Diseño metodológico general de los procesos realizados para el estudio fitoquímico de las especies vegetales..... 48

**Figura 7.** Diseño metodológico para proceso de teñido..... 52

**Figura 8.** Curva de calibración con ácido gálico, cuantificación de polifenoles totales. Fuente: Propia..... 62

**Figura 9.** Ensayo de teñido para Jss-01-2 Figura 10. Ensayo de teñido para Jss-02-2 ..... 68

**Figura 11.** Ensayos de teñido de Bcf-01-3 Figura 12. Ensayos de teñido de Bcf-02-3 ..... 69

**Figura 13.** Ensayo de teñido de Mct-01 Figura 14. Ensayo de teñido de Mct-02..... 69

**Figura 15.** Ensayo de teñido de Mct-01.03..... 70

**Figura 16.** Ensayos de teñido de Jgn-01 Figura 17. Ensayos de teñido de Jgn-01.03 ..... 70

**Figura 18.** Ensayos de teñido de Glc-01 Figura 19. Ensayos de teñido de Glc-02..... 71

**Figura 20.** Cromatogramas leídos a 350 y 500 nm de la solución tintórea y teñido de Jss-02. HPLC-DAD..... 73

**Figura 21.** Cromatogramas leídos a 350 nm de la solución tintórea y teñido de Bcf-02-3. HPLC-DAD ..... 76

**Figura 22.** Cromatogramas leídos a y 252 nm y 360 nm de la solución tintórea y teñido de Mct-02. HPLC-DAD. ..... 78
**Figura 23.** Cromatogramas leídos a 250nm de la solución tintórea y teñido de Jgn-01. HPLC-DAD ..... 81
**Figura 24.** Cromatogramas leídos a 430 nm de la solución tintórea y teñido de Glc-02. HPLC-DAD ..... 82
**Figura 25.** Hojas y flores de Justicia secunda Valh. ..... 86
**Figura 26.** Mapa de distribución geográfica de la especie Justicia secunda Vahl. Los puntos amarillos indican la distribución de la especie Justicia secunda Vahl. Tomado de: (Systematic Mycology and Microbiology laboratory, 2011). ..... 87
**Figura 27.** Estructura de la 2-(3,4-Dihidroxifenil)- 5,7-dihidroxi-4-cromenona (Garcia B. e., 2015) ..... 88
**Figura 28.** Hojas y frutos de junglas neotrópica Diels. Tomado de (Fajardo Gutiérrez, 2017)... 88
**Figura 29.** Mapa de distribución geográfica de Juglans neotrópica Diels. Los puntos amarillos indican la distribución de la especie Juglans neotrópica Diels. Tomado de: (Global Biodiversity Information Faciliry, 2011)..... 90
**Figura 30.** Estructuras representativas de Juglans neotrópica Diels. ..... 91
**Figura 31.** Bocconia Frutescens encontrado en Monserrate-Bogotá. ..... 92
**Figura 32.** Mapa de distribución geográfica de la especie Bocconia Frutescens L. Los puntos amarillos indican la distribución de la especie Bocconia Frutescens L. Tomado de: (Systematic Mycology and Microbiology Laboratory, 2011). ..... 93
**Figura 33.** Estructuras representativas de Bocconia frutescens. ..... 94
**Figura 34.** Hojas e inflorescencia de Maclura Tinctoria l. (Fajardo Gutiérrez, 2017) ..... 95
**Figura 35.** Mapa de distribución geográfica de la especie Maclura tinctoria (L.) D. Los puntos amarillos indican la distribución de la especie Maclura tinctoria (L.). Tomado de: (Center for Tropical Forest Science, Panama, 2014)..... 96
**Figura 36.** Estructuras colorantes representativas de Maclura tinctoria. ..... 97
**Figura 37.** Hojas, tallo y frutos de Galium canescens (Fajardo Gutiérrez, 2017) . ..... 98
**Figura 38.** Mapa de distribución geográfica de la especie Galium canescens (L.) Los puntos amarillos indican la distribución de la especie Galium canescens (L.)Tomado de: (Global Biodiversity Information Facility, 2015)..... 99

**Figura 39.** Estructuras colorantes representativas de Galium canescens. ..... 100

## INDICE DE TABLAS

**Página**

**Tabla 1.** Metabolitos secundarios responsables de la actividad tintórea. Tomado de (Christie, 2003) ..... 25
**Tabla 2.** Ficha taxonómica de las cinco especies estudiadas. ..... 26
**Tabla 3.** Especie utilizada por comunidades indígenas, parte utilizada y color obtenido..... 27
**Tabla 4.** Estructura de los metabolitos secundarios que dan coloración de la especie Bocconia frutescens L. Fuente propia ..... 27
**Tabla 5.** Estructura de los metabolitos secundarios que dan coloración de la especie Juglans neotrópica Diels. ..... 30
**Tabla 6.** Polifenoles presentes en la especie Maclura tinctoria L. ..... 32
**Tabla 7.** Estructura de los metabolitos secundarios que dan coloración de la especie Justicia secunda. ..... 38
**Tabla 8.** Estructura de los metabolitos secundarios que dan coloración de la especie Galium canescens. ..... 40
**Tabla 9.** Tipos de mecanismo y uniones de las moléculas colorantes a la fibra. Tomado de (Rojas Lobano, 2011). ..... 44
**Tabla 10.** Estado del material vegetal utilizado. ..... 48
**Tabla 11.** Tabla de adición de reactivos y cantidades utilizadas para cuantificación de polifenoles totales. ..... 49
**Tabla 12.** Características del método instrumental utilizado HPLC-DAD. ..... 54
**Tabla 13.** Estado del material utilizado para análisis fitoquímico preliminar. ..... 55
**Tabla 14.** Análisis fitoquímico preliminar de Maclura tinctoria. ..... 55
**Tabla 15.**Análisis fitoquímico preliminar de Juglans neotrópica. ..... 56
**Tabla 16.** Análisis fitoquímico preliminar de Bocconia frutescens. ..... 57
**Tabla 17.** Análisis fitoquímico preliminar de Justicia secunda Vahl. ..... 59
**Tabla 18.** Análisis fitoquímico preliminar de Galium canescens. ..... 60
**Tabla 19.** Datos de la curva de calibración para cuantificación de polifenoles totales..... 62
**Tabla 20.** Coeficientes estadísticos. ..... 63
**Tabla 21.** Análisis de varianza. ..... 63

**Tabla 22.** Polifenoles totales en las especies vegetales de la investigación. ..... 64
**Tabla 23.** Método de teñido para las cinco especies seleccionadas ..... 67
**Tabla 24.** Tiempos de retención tomados on-line de los compuestos utilizados como muestras de referencia. ..... 72
**Tabla 25.** Compuestos y espectros UV-vis leídos a 350 y 500 nm de solución tintórea y teñido de Jss-02-2. HPLC-DAD ..... 74
**Tabla 26.** Compuestos y espectros UV-vis leídos a 350 nm de la solución tintórea y del teñido de Bcf-02-3. HPLC-DAD ..... 76
**Tabla 27.** Compuestos y espectros UV-vis leídos a 252 y 360 nm de la solución tintórea y teñido de Mct-01. HPLC-DAD ..... 79
**Tabla 28.** Compuestos y espectros UV-vis leídos 250 nm de la solución tintórea y teñido de Jgn-01. HPLC-DAD ..... 81
**Tabla 29.** Compuestos y espectros UV-vis leídos a 430nm de la solución tintórea y teñido de Glc-02. HPLC-DAD ..... 82
**Tabla 30.** Descripción taxonómica de la especie Justicia secunda Valh. Tomado de: (Universidad Nacional de Colombia, 2012). ..... 86
**Tabla 31.** Descripción taxonómica de la especie Juglans neotrópica Diels. Tomado de: (Universidad Nacional de Colombia, 2012). ..... 89
**Tabla 32.** Descripción taxonómica de la especie Bocconia Frutescens. Tomado de: (Universidad Nacional de Colombia, 2012). ..... 92
**Tabla 33**. Descripción taxonómica de la especie Maclura tinctoria. Tomado de: (Universidad Nacional de Colombia, 2012). ..... 95
**Tabla 34.** Descripción taxonómica de la especie Bocconia Frutescens. Tomado desde: (Universidad Nacional de Colombia, 2012). ..... 98

## RESUMEN

En la presente investigación de da a conocer los resultados obtenidos en el estudio de los metabolitos secundarios responsables de la propiedad tintórea de las especies denominadas; “Trompeto” (*Bocconia frutescens*), utilizada por la comunidad Ika, obteniendo de la corteza de esta especie, un colorante amarillo utilizado para el teñido de fibras naturales; “dinde” (*Maclura tinctoria*) cuya madera es utilizada por la comunidad Ika para teñir de color amarillo; “Nogal” (*Juglans neotrópica*), son empleados sus frutos por la comunidad de los Pasto para la obtención de un colorante marrón; “Insulina” (*Justicia secunda Vahl*), hojas, empleada por la comunidad Zenú, para un teñido de coloración rojiza fibras naturales y “rebulnium” (*Galium canescens*) encontrada en textiles de la región de Nariño.

Con el propósito de identificar los compuestos asociados a la propiedad tintórea de las especies y su afinidad con fibras naturales (algodón), se efectuó la obtención de los metabolitos secundarios de corteza, raíces, frutos y hojas, mediante extracción del colorante en medio acuoso para posteriormente realizar el teñido.

En los estudios fitoquímicos preliminares realizados se encuentra que la corteza de *Bocconia frutescens* contiene alcaloides, flavonoides, naftoquinonas y antraquinonas, saponinas, triterpenos, cumarinas y glucósidos cardiotónicos, en frutos de *Juglans neotrópica*, se reportan alcaloides, flavonoides, taninos, saponinas, naftoquinonas y antraquinonas, cumarinas, sesquiterpenlactonas y glucósidos cardiotónicos; en la corteza de la especie *Maclura tinctoria* se reportan flavonoides, taninos, nafto/antraquinonas, cumarinas, sesquiterpenlactonas y glucósidos cardiotónicos; en raíces de *Galium canescens* se encontró pruebas positivas para nafto/antraquinonas y glucósidos cardiotónicos, especialmente porque estudios anteriores han reportado antraquinonas como purpurina, lucidina, xantopurpurina, pseudopurpurina , alizarina y munjistina responsables de la coloración roja; en las hojas de *Justicia secunda Vahl* se encontró alcaloides, flavonoides, leucoantocianinas, taninos, nafto/antraquinonas, triterpenos, esteroides, cumarinas, sesquiterpenlactonas y glucósidos cardiotónicos

Para el teñido de la fibra, se utilizó tela de composición 100% algodón con densidad (hilos/pulgada) = 31 urdimbre y 27 trama, de 17 cm* 17 cm de dimensión, utilizando extracto acuoso de las especies sobre las muestras de algodón previamente descrudadas; variando algunas condiciones durante el proceso, como el uso de mordiente y la temperatura de teñido.

En la cuantificación de polifenoles totales de las especies, se utilizó el metodo de Folin-Ciocalteu debido a su rango de sensibilidad en la detección de los compuestos fenólicos, se confirmó la mayor cantidad de polifenoles para la especie *Maclura tinctoria* con una concentración de 65,3 mg Ác gálico/ g extracto seco, *Junglas neotrópica* con una concentración de 48,0 mg Ác gálico/ g extracto seco, seguida de la especie *Justicia secunda* con una concentración de 20, 6 mg Ác gálico/ extracto seco y *Galium canescens* con una concentración de 12, mg Ác gálico/ g de extracto seco. La especie *Bocconia frutescens* no posee compuestos de carácter fenólicos registrados en la literatura.

En la identificación de las moléculas responsables de la propiedad tintórea se utilizó la técnica instrumental de HPLC-DAD, realizando la comparación entre la solución tintórea y el colorante extraído del tejido teñido. En la especie *Justicia secunda* se identificó a un grupo de antocianos y posibles derivados de luteolina como moléculas responsables de la propiedad tintórea en la solución y en el tejido teñido. En *Bocconia Frutescens* se comprobó la presencia de moléculas de tipo alcaloidal como son: la sanguinarina, queleritrina y un compuesto desconocido como responsables de la propiedad tintórea en el tejido teñido, en la solución tintórea se identificó un posible derivado de apigenina y los anteriores compuestos mencionados como responsables de la propiedad tintórea. En la especie *Maclura tinctoria* se identificaron los compuestos Maclurina, morina, Kaempferol como encargados de la actividad colorante en la solución tintórea, en el tejido teñido se identificaron los compuestos anteriores además de un posible flavonoide. En *Junglas neotrópica* se determinaron ácido elágico y juglona como responsables de la propiedad tintórea en la solución tintórea en el tejido teñido se identificó únicamente la presencia de ácido elágico como responsable de la coloración en el tejido de algodón. En *Galium canescens* se identificaron moléculas de tipo antraquinonico como: alizarina, purpurina, lucidina, xantopurpurina, seudopurpurina, y RT27 como responsables de la propiedad colorante en la solución tintórea y en el tejido teñido.

# 1 INTRODUCCIÓN

Las especies colorantes han sido utilizadas para el teñido de fibras naturales por los grupos indígenas, el uso de estas se remite a diferentes etnias a nivel del territorio colombiano, dentro de las comunidades que existen hablaremos de tres de ellas y algunas de las especies utilizadas por estas. Las especies productoras de colorantes, tienen aplicaciones en el teñido de material textil, medicinal y religioso, no obstante, las técnicas utilizadas para la aplicación de estas especies vegetales corresponden a prácticas tradicionales, el principio general es utilizar una alta proporción de la planta para asegurar el teñido, generalmente en frío.
Los colorantes naturales tienen poca afinidad inmediata hacia los materiales textiles, por ello es necesaria la aplicación de mordientes aprovechando la propiedad de los iones metálicos para la formación de complejos de los colorantes en la fibra, por consiguiente, ser más resistentes a los procesos de lavado.

En algunas comunidades la práctica tradicional se basa en fijar los colorantes a partir del contacto de la fibra con tierras de ciertos lugares ricos en suelos arcillosos. Así mismo sumergir el material teñido en tierras ferruginosas para oscurecer el color original.

Los productos naturales presentan una alternativa de sostenimiento económico y sociocultural de estas comunidades indígenas colombianas, aprovechando la biodiversidad de flora que representa el país, por ello se destacan diferentes especies usadas por estas comunidades, entre ellas; *Bocconia frutescens*, *Maclura tinctoria,* utilizada por los Ika. de la sierra nevada de Santa Marta; J*usticia secunda Valh,* empleada por la comunidad de los Zenú, de Córdoba y Cesar y *Juglans neotrópica* al igual que *Galium canescens* usadas por la comunidad de los Pasto de la región de Nariño.

En este trabajo se hace un estudio de los compuestos responsables de la actividad colorante de especies de uso tradicional por comunidades indígenas colombianas

# 2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Con esta investigación se pretende ampliar el conocimiento y las posibilidades de aprovechamiento de especies productoras de colorantes, para contribuir con la caracterización de los metabolitos secundarios responsables de la propiedad tintórea.

Las especies a considerar *Bocconia frutescens, Juglans neotrópica, Maclura tinctoria, Galium canescens* y *Justicia secunda Vahl*, tienen una importancia cultural debido a las diversas aplicaciones que poseen en áreas medicinales, alimentos, colorantes y de uso doméstico.

Estudios anteriores mencionan el uso de colorantes en tejidos de algodón por la estabilidad en fibras teñidas, estas evidencias conducen a plantear estrategias de extracción, análisis e identificación que permiten conocer cuáles son las moléculas responsables de la propiedad tintórea y qué métodos de extracción son eficientes, evitando la degradación del colorante. Además de proporcionar alternativas futuras de aprovechamiento económico de los recursos naturales por comunidades indígenas de Colombia.

# 3 JUSTIFICACIÓN

Con este trabajo se pretende abordar el estudio de un grupo de especies de la comunidad Ika, Zenú y de Los Pasto, las cuales se destacan por la frecuencia de su uso como colorantes tradicionales, con el fin de aportar nuevos elementos relacionados con su composición y propiedades tintóreas, que permitan una mayor valorización y mejor aprovechamiento. Con los resultados de este trabajo se busca a la vez proporcionar información y materiales útiles en las investigaciones relacionadas con la comprensión de las técnicas de tintorería ancestral y tradicional.

A pesar de la cantidad de materia prima existente en el país, existe un potencial de biodiversidad vegetal conocido parcialmente, es por esta razón que las especies productoras de colorantes estudiadas como: *Justicia secunda Vahl, Bocconia frutescens, Galium canescens y Juglans neotrópica* se describen en el siguiente trabajo aportando información para su reconocimiento, recuperando las técnicas de extracción de colorante evitando la degradación de éste y analizando qué tipo de moléculas tintóreas se adhieren a fibras celulósicas.

# 4 ANTECEDENTES

Las especies seleccionadas se caracterizan por poseer una amplia diversidad de aplicaciones etnobotánicas dentro de ellas la especie *Juglans neotrópica* se presenta como ejemplar para el aprovechamiento a nivel industrial y artesanal, ya que la corteza, raíces, hojas y frutos se utilizan para teñir. Al poseer taninos, se utiliza en curtiembres para obtener una coloración café. De hojas, frutos y corteza se obtienen colorantes estables y persistentes para teñir tejidos de algodón y lana. (Toro Vanegas & Roldán Rojas, 2018)

En el Altiplano del norte de Ecuador la textilería es una de las costumbres más importantes. La mayoría de los hogares tienen al menos un telar y la producción de telas tejidas a mano, y artículos relacionados, son un importante arte de la economía local. La mayoría de los colores son obtenidos de tintes químicos. Solo dos tintes naturales permanecen siendo usados por los tejedores del altiplano: índigo, un tinte azul, y nogal, recolectado de *Juglans neotrópica.* (Masias, 2007)

A las anteriores propiedades tintóreas de esta especie se atribuye el compuesto juglona (5-hidroxi-α-naftoquinona), la cual es fuente del color oscuro de las cáscaras del fruto; inicialmente es incolora, pero al oxidarse obtiene un color marrón oscuro. La α-hidrojuglona se encuentra en las hojas y frutos frescos y ennegrece rápidamente por oxidación formándose la Juglona. (Masías Brócker, 2007)

En la especie *Bocconia frutescens* se ha reportado su uso en Nicaragua, donde la corteza la utilizan para teñir y el látex se emplea como remedio para el dolor de muelas, también es usada en México para teñir textiles, aunque es más conocida por aplicaciones medicinales e insecticidas, especialmente por contener alcaloides con actividad farmacológica. (Stevens, Ulloa, & Montiel, 1859)

*Maclura tinctoria*, en la comunidad Ika de Nabusimake fue conocida por las tintoreras mayores de la comunidad, también conocida como dinde fue objeto de comercio por los colorantes extraídos de la madera hasta comienzos del siglo XX. Se le atribuye dicha coloración amarilla a la molécula de tipo dibenzofenona, maclurina. (Devia, de Schrimpff, Devia, & Niño Izquierdo, 2016)

El *Galium canescens* fue un colorante muy utilizado en la región andina por las comunidades prehispánicas, las raíces de esta eran utilizadas para teñir fibras naturales y pelos de camélidos, además de ser utilizados como colorante en materiales arqueológicos y en textiles de la región de Ecuador y Nariño, atribuyendo dicha propiedad a metabolitos secundarios como las antraquinonas. (Devia & de Schrimpff, Los textiles precolombinos de Nariño y del Ecuador similutes y diferencias en colorantes, técnicas y diseños, 2017)

*Justicia secunda Vahl*, pertenece al género justicia el cual comprende alrededor de 420 especies de plantas, ha sido usada como colorante durante la época colonial y prehispánica entre grupos de Mesoamérica como huastecos, mayas y náhualts, al igual que otra especie de su género, *Justicia spicigera.* Se destaca por la obtención de un colorante azul y morado a partir de hojas y tallos al ser macerada. Dentro de las aplicaciones se encuentra teñir materiales de caña flecha (*Gynerium sagittatum*), para la realización de artesanías. (Trueba Sánchez, 2009)

Los estudios realizados hasta ahora sobre especies vegetales con amplias aplicaciones, específicamente sobre productos colorantes vegetales, refleja un vasto conocimiento acerca de especies promisorias, sin embargo los retos hacia el futuro comprenden diversos factores como la profundización en las sustancias químicas responsables de actividad biológica y tintórea, además del reconocimiento del potencial y riqueza de la biodiversidad colombiana.

Alfredo Andrade (1992) realizó una investigación denominada “Estudios do das materias colorantes de origen vegetales em uso entre os indios de Brasil e das partes que precedem”, en el cual se refiere al ucurú p achote (*Bixa orellana* L.), genipapo o jagua, carajurú o chica (*Arrabidaea chica* Bonpl.) y el palo de Brasil (*Caesalpinia echinata* Lam.), para teñir algodón y otras fibras.

Según Enrique Acero (1980), Jorge Torres (1983) y William Klinger (2000), los colorantes naturales utilizados por las comunidades del trapecio amazónico para teñir por su rendimiento son: *Adenaria Floribunda* (guayabilla), *Anacardium occidentale* (marañón), *Annona sp.* (Cañón), *Arrabidea chica* (chica), *Bixa orellana* (achote), *Byrsinima crassifolia* (noro), *Calathea loeseneri* (bure), *Canna sp* (cachira), *Carpotroche longuifolia*, *Purora hirsuta* (solimán), *Escobedia scabrifolia* (azafrán), *Genipa americana* (jagua), *Goupia glabra* (palo piñón), *Heliconia spp*. (platanillo), *Hibicus rosa sinensis* (cayeno), *Hieronyma spp*. (chuguacá), *Indigofera pascuorum* (añil), *Manguifera indica* (mango), *Miconia spp*. (tuno), *palicourea sp*. (cagua dulce), *Phyllatus spp*., *Phytolaca sp*.(guaba), *Picramnia sp*. (chokanari), *Pouruma sp*. (uvillo), *Pterocarpus spp.* (bambudo), *Renealmia alpinia* (pintura nagra) y *Vismia spp.* (puntelanza).

# 5 OBJETIVOS

## 5.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar los grupos de metabolitos secundarios responsables de la propiedad tintórea de 5 especies, utilizadas por la comunidad Ika de la Sierra Nevada de Santa Marta, Cesar; Zenú de Córdoba y Sucre y Los Pasto de la región de Nariño.

## 5.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Optimizar las condiciones de teñido de fibras de algodón a partir de las 5 especies seleccionadas.
- Realizar el análisis fitoquímico preliminar de las cinco especies seleccionadas con el fin de conocer los principales metabolitos secundarios que se encuentran en las especies tintóreas utilizadas.
- Determinar los polifenoles totales en extractos metanólicos de las especies estudiadas.
- Establecer los metabolitos secundarios responsables de la propiedad tintórea en las especies estudiadas a través de cromatografía HPLC-DAD.
- Diseñar una ficha técnica con el resultado del estudio de los aspectos etnobotánicos, fitoquímicos y de características tintóreas de las especies consideradas.

# 6 MARCO TEORICO REFERENCIAL

## 6.1 COMUNIDADES INDÍGENAS DE DONDE PROVIENEN LAS ESPECIES ESTUDIADAS

Según la legislación colombiana, las *"comunidades indígenas"* son el grupo humano que vive de acuerdo con las formas de relación con el medio natural en el que se asentaron los diferentes grupos aborígenes desde antes de la conquista y la han conservado y dinamizado a lo largo de la historia. (Rosario, 2018)

### 6.1.1 Comunidad Ika

Se encuentra ubicada en la Sierra Nevada de Santa Marta, localizada entre los departamentos del Magdalena, Córdoba y Cesar. Los tejidos son un aspecto fundamental para la reproducción de la cultura material e inmaterial del pueblo Ika, porque además de su producción de mochilas, ruanas, vestidos y otros accesorios, a través del tejido se transmite el pensamiento, y con éste, la tradición y cosmología. El proceso de tejido se realiza principalmente en las fibras de fique (*Agave)* y lana de oveja. (Mincultura, 2018)

### 6.1.2 Comunidad Zenú

El pueblo indígena Zenú se localiza en los resguardos de San Andrés de Sotavento en departamento de Córdoba y El Volao en Urabá. Además en varios asentamientos pequeños en Sucre, Antioquia, y Chocó. Las prácticas culturales giraban a la producción de alimentos, tejidos y elementos de orfebrería. Las artesanías Zenú constituyen un aspecto relevante dentro del sistema social interno y la sociedad colombiana. Especialmente en la fabricación del sombrero vueltiao tejido con la caña flecha (*Gynerium sagittatum*), símbolo de la colombianidad (en algunas regiones). (Colombia, 2018)

### 6.1.3 Comunidad de los Pasto

El pueblo Pasto habita principalmente en resguardos coloniales, resguardos constituidos por el Incora, y en predios de propiedad individual del Departamento de Nariño. La materia prima para su elaboración de tejidos es lana de oveja, en donde se desarrollan técnicas complejas en las urdimbres y tramas que dan forma a los coloridos símbolos y diseños (Chirán, 2018).

## 6.2 COLORANTES NATURALES

### 6.2.1 Composición de los colorantes, definición y clasificación

Los colorantes son compuestos químicos de estructura conjugada que, según la teoría de Witt pueden tener en su fórmula estructural determinados grupos funcionales, los cuales reaccionan con los grupos químicos de la fibra formando enlaces iónicos o covalente. (Christie, 2003)

La característica principal de las moléculas de un colorante es que absorben radiación en la región visible del espectro electromagnético que va desde los 400 nm hasta los 700 nm. De lo anterior, las únicas moléculas orgánicas que producen suficiente absorción ( poder tintorial) en la región visible para ser útiles como colorantes, son las que tienen una complejidad considerable y contienen varios sistemas conjugados relacionados con un grupo que atraen y separan electrones (Klinger Brahan, 2000).

Según la Norma técnica colombiana ICONTEC 409, el término colorante se define como toda sustancia química que tiene la propiedad de transferir color al material sobre el cual se aplica.

Es importante resaltar la diferencia entre pigmento y colorante, ya que los colorantes naturales pueden identificarse como aquellos compuestos químicos que, al aplicar sobre un sustrato, son retenidos en él, ya sea por absorción, retención o formación de enlaces, siendo solubles en agua o en otros solventes y son aplicados sobre el sustrato en solución, mientras los pigmentos insolubles en agua, necesitan un vehículo líquido para su dispersión formando suspensiones (Christie, 2003)

Los colorantes empleados en la industria textil, son en un porcentaje alto artificiales y en menor proporción son usados los colorantes naturales. Luego de sucesivos problemas medioambientales y de efectos sobre la salud, los colorantes naturales han vuelto a tener una acogida, recuperando técnicas de comunidades indígenas que han hecho uso de especies como *Clusia multiflora*, *Haematoxylum brasiletto*, *Bixa Orellana L*, *Vismia baccifera* entre otras.

6.2.2 Metabolitos secundarios responsables de la actividad tintórea

Los metabolitos secundarios son compuestos químicos de estructura relativamente compleja y de distribución restringida y característica de fuentes botánicas específicos. Muchas de estas especies vegetales son usadas como colorantes naturales, ya que presentan metabolitos secundarios que les dan la propiedad tintórea, es decir que ceden densidad electrónica y poseen enlaces conjugados. Entre ellos como alcaloides, cumarinas, flavonoides, carotenoides, taninos y antraquinonas.

**Tabla 1.** Metabolitos secundarios responsables de la actividad tintórea. Tomado de (Christie, 2003)

| **Grupo De Metabolitos Secundarios** | **Ejemplos** | **Color Predominante** | **Máx ( Nm)** |
|---|---|---|---|
| **Flavonoides** | Flavonas<br>Flavonoles<br>Chalconas<br>Auronas<br>Antocianinas | Blanco<br>Blanco-amarillo<br>Amarillo<br>Amarillo<br>Rojo-azul | 310-330<br>330-360<br>340-390<br>380-430<br>480-550 |
| **Quinonas** | Naftoquinonas<br>Antraquinonas | Rojo-azul-verde<br>Rojo-púrpura | 420-460 |
| **Indigoides e índoles** | Índigo<br>Betaxantinas<br>Betacianinas | Azul-rosado<br>Amarillo-rojo<br>Amarillo-rojo | <br>470-485<br>530-554 |
| **Pirimidinas sustituidas** | Flavinas<br>Fenoxanizinas<br>Fenazinas | Amarillo<br>Amarillo-rojo<br>Amarillo-púrpura | 380-430<br>470-485<br>480-560 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Tetrapirroles** | Ficocianinas<br>Ficoeritrinas<br>Clorofila* | Azul-verde<br>Amarillo-rojo<br>Verde | 610-650<br>540-570<br>640-660 |
| **Tetraterpenoides** | Caretonoides | Amarillo-naranja | 400-500 |
| **Xantonas** | Xantonas | Amarillo | 340-400 |

6.2.3 Metabolitos secundarios responsables de la propiedad tintórea de las especies estudiadas

En esta investigación se escogieron 5 especies las cuales pertenecen a familias y géneros diferentes, de las cuales se encuentra un amplio estudio en sus componentes químicos, por esta razón se presenta a continuación una revisión de sus antecedentes:

**Tabla 2.** Ficha taxonómica de las cinco especies estudiadas.

| **FICHA TAXÓNOMICA** | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Nombre Común** | **Nombre científico** | **Phylum** | **Clase** | **Orden** | **Género** | **Familia** | **Autor** |
| **Trompeto** | *Bocconia frutescens* | Magnoliophyta | Magnoliopsida | Ranunculales | Bocconia | Papaveraceae | L. |
| **Nogal** | *Juglans neotrópica* | Magnoliophyta | Magoliopsida | Fagales | Juglans | Juglandaceae | Diels |
| **Dinde** | *Maclura tinctoria* | Magnoliophyta | Magoliopsida | Rosales | Maclura | Moraceae | L. |
| **Insulina** | *Justicia secunda* | Magnoliophyta | Magnoliopsida | Lamiales | Justicia | Acanthaceae | Vahl. |
| **Rebulnium** | *Galium canescens* | Magnoliophyta | Magnoliopsida | Rubiales | Galium | Rubiaceae | L. |

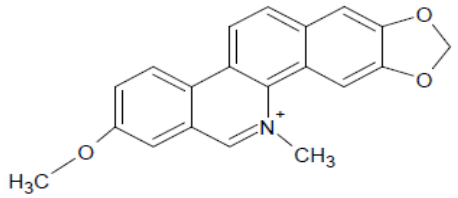
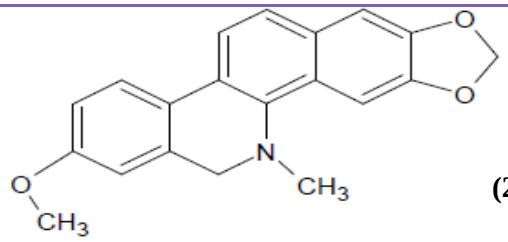
**Tabla 3.** Especie utilizada por comunidades indígenas, parte utilizada y color obtenido.

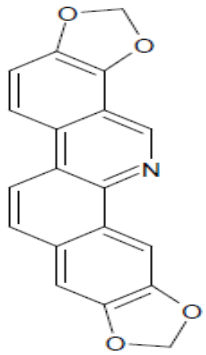
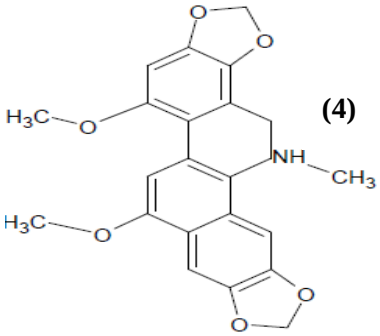
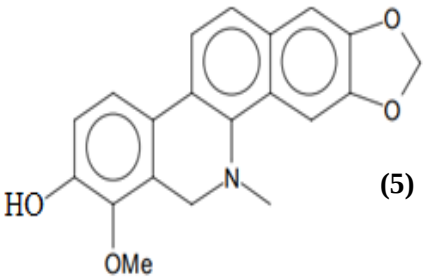
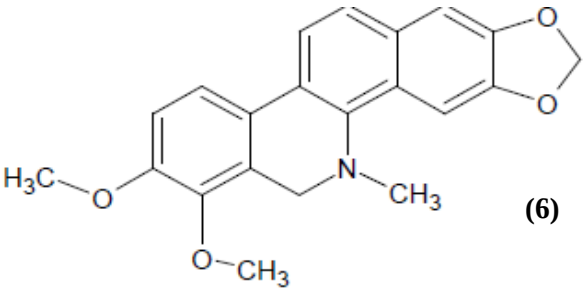
| **Comunidad** | **Nombre Común** | **Nombre Científico** | **Color obtenido** | **Parte Utilizada** |
|---|---|---|---|---|
| **Ika** | Trompeto | *Bocconia Frutescens* | Amarillo | Madera |
| | Dinde | *Maclura tinctoria* | Amarillo | Madera |
| **Pasto** | Nogal | *Juglans Neotrópica* | Marrón-rojizo | Frutos y Hojas |
| | Rebulnium | *Galium canescens* | Rojizo | Raíz |
| **Zenú** | Insulina | *Justicia secunda* | Rojizo | Hojas |

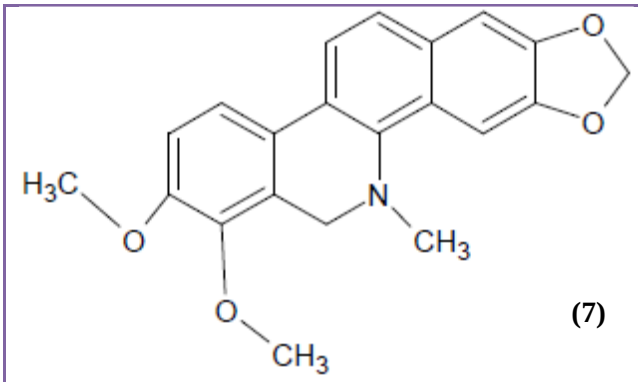
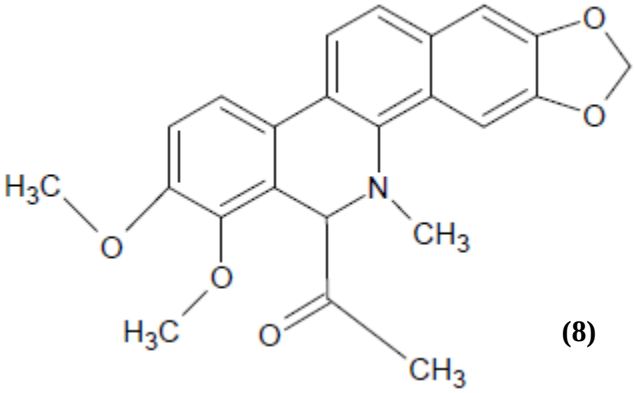
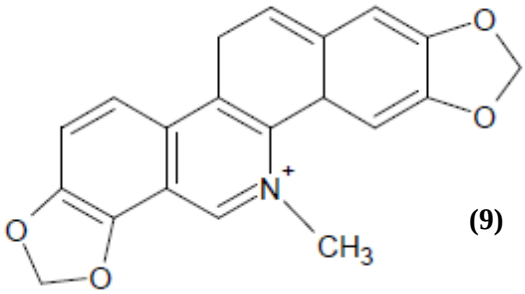
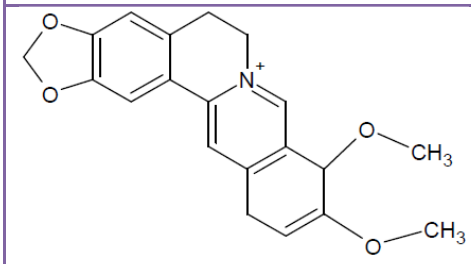
6.2.3.1 *Bocconia frutescens L.* (Papaveraceae)

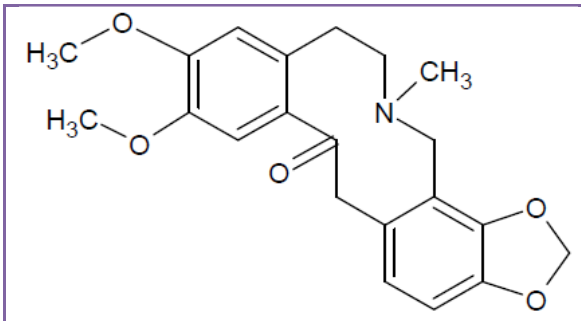
La familia Papaveraceae consta de 44 géneros con unas 760 especies (Zuloaga, Morrone y Belgrano, 2008), se caracteriza por producir un ordenamiento especial de alcaloides. A continuación se presentan algunos compuestos aislados de *Bocconia frutescens*.

**Tabla 4.** Estructura de los metabolitos secundarios que dan coloración de la especie *Bocconia frutescens L*. Fuente propia

| **Estructuras representativas aisladas de *Bocconia frutescens*** | **Nombre del metabolito secundario** |
|---|---|
|  **(1)** | 8-metoxidihidroqueleritrina (angolina) (Arcila Castro, Valencia Pascuas, Bernal Vera, & Castaño Ramirez, 2006) |
|  **(2)** | 8-metoxisanguinarina (N-metilpancorina) (Arcila Castro, Valencia Pascuas, Bernal Vera, & Castaño Ramirez, 2006) |

| | |
|---|---|
|  **(3)** | Nor-sanguinarina (Arcila Castro, Valencia Pascuas, Bernal Vera, & Castaño Ramirez, 2006) |
|  **(4)** | Dihidromarcapina (Arcila Castro, Valencia Pascuas, Bernal Vera, & Castaño Ramirez, 2006) |
|  **(5)** | 8-hidroxiqueleritrina (Arcila Castro, Valencia Pascuas, Bernal Vera, & Castaño Ramirez, 2006) |
|  **(6)** | Queleritrina (Arcila Castro, Valencia Pascuas, Bernal Vera, & Castaño Ramirez, 2006) |

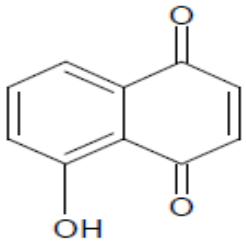
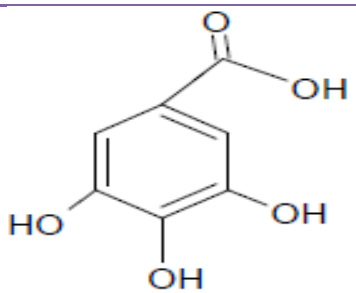
| | |
|---|---|
|  **(7)** | Dihydrochelerythrine (Arcila Castro, Valencia Pascuas, Bernal Vera, & Castaño Ramirez, 2006) |
|  **(8)** | (±)-6-Acetonyldihydrochelerythrine (Arcila Castro, Valencia Pascuas, Bernal Vera, & Castaño Ramirez, 2006) |
|  **(9)** | Sanguinarina (Arcila Castro, Valencia Pascuas, Bernal Vera, & Castaño Ramirez, 2006) |
|  **(10)** | Berberina (Arcila Castro, Valencia Pascuas, Bernal Vera, & Castaño Ramirez, 2006) |

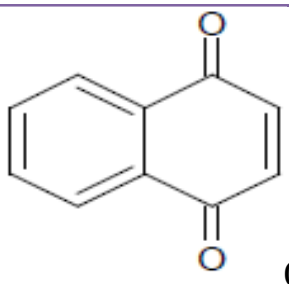
| | |
|---|---|
|  **(11)** | Protopina (Arcila Castro, Valencia Pascuas, Bernal Vera, & Castaño Ramirez, 2006) |

6.2.3.2 *Juglans neotrópica Diels*. (Juglandaceae)

De los siete géneros que integran la familia Juglandaceae (Marbelley, 1990), cuatro crecen en América: Carya, Juglans, Alfaroa y Oreomunnea, exclusivos del Neotrópico. En Colombia solo está documentada la presencia de Alfaroa (Lozano Contreras, 1981) y de Juglans. (Lozano Contreras, González , & Ruiz Rodgers, 1994).

**Tabla 5.** Estructura de los metabolitos secundarios que dan coloración de la especie *Juglans neotrópica Diels*.

| **Estructuras representativas aisladas de *Juglans neotrópica*** | **Nombre del metabolito secundario** |
|---|---|
|  **(12)** | Juglona (5-hidroxi-α-naftoquinona) (Masias Brôcker, 2007) |
|  **(13)** | Ácido gálico (Masias Brôcker, 2007) |

| | |
|---|---|
|  **(14)** | 1,4-naftoquinona (Masias Brôcker, 2007) |

6.2.3.3. *Maclura tinctoria* L. (Moraceae)

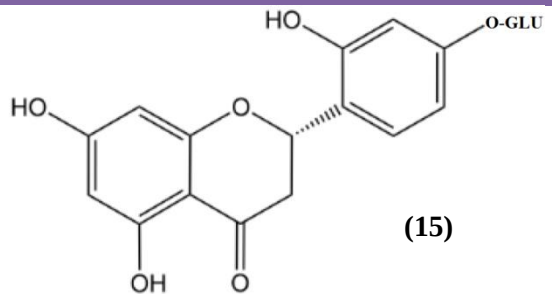
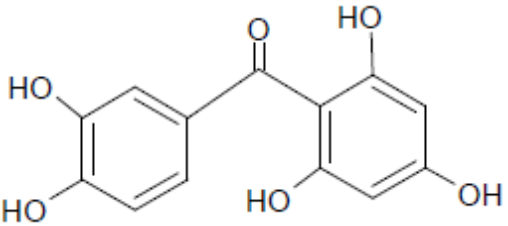
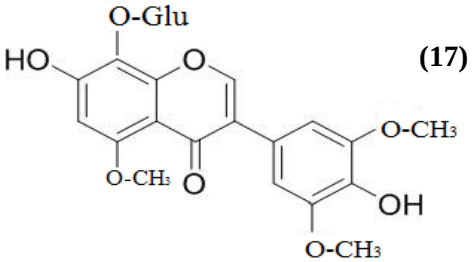
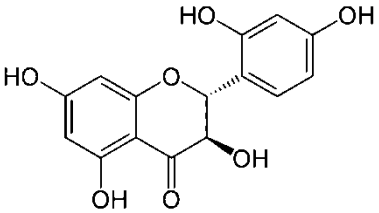
La familia Moraceae comprende 50 géneros y más de 1500 especies, distribuidas en las regiones tropicales y subtropicales principalmente en las islas se encuentran sembradas en muchas zonas urbanas las moreras (*Morus alba y Morus nigra*), árboles de jardín que producen frutos comestibles y de los cuales las hojas han sido utilizadas ampliamente como fuente de alimento para los gusanos de seda (Universitat de València, 2007). El género *Maclura* contiene 11 especies de exclusiva distribución tropical. Tres especies se encuentran desde Estados Unidos hasta Argentina, en Brasil se han encontrado solamente *Maclura tinctoria* y *Maclura brasiliensis* (Shibayama, Phipps, & Commoner, 2013).

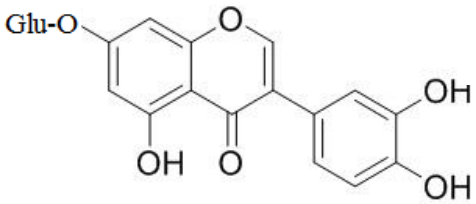
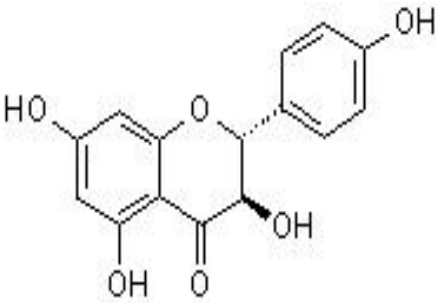
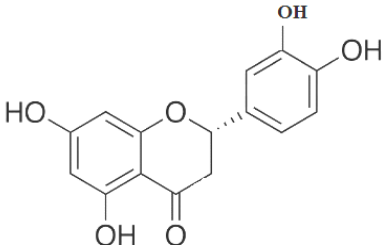
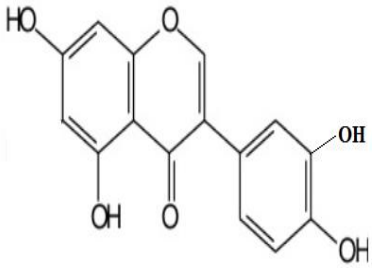
El género *Maclura* se ha caracterizado por la presencia de flavonoides entre ellos flavonas, isoflavonas, xantonas y chalconas generalmente glucosiladas. En *Maclura tinctoria* se han aislado de la corteza los anteriores metabolitos secundarios mencionados y se ha identificado la actividad anti fúngica, y antioxidante equivalente a Trolox y β- caroteno (Lamounier, y otros, 2012).

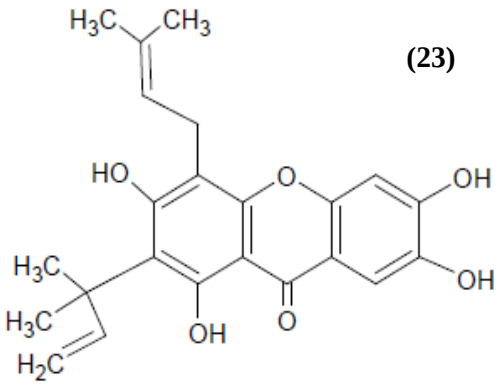
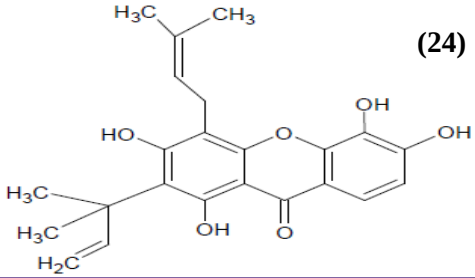
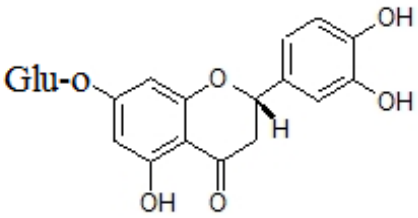
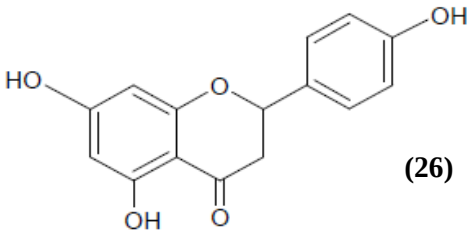
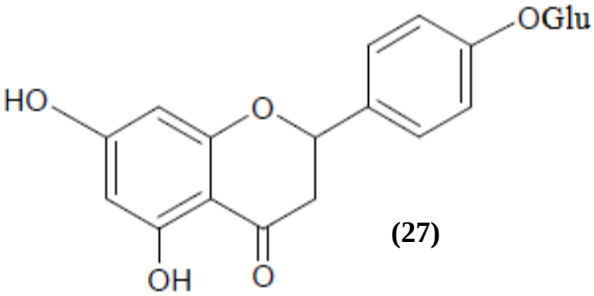
Los resultados de estudios del género *Maclura* y específicamente de *Maclura tinctoria*, muestran que los extractos (principalmente de la corteza) contienen alto contenido en compuestos fenólicos, lo cual determina una alta actividad antioxidante y antibacterial (Lamounier, y otros, 2012).

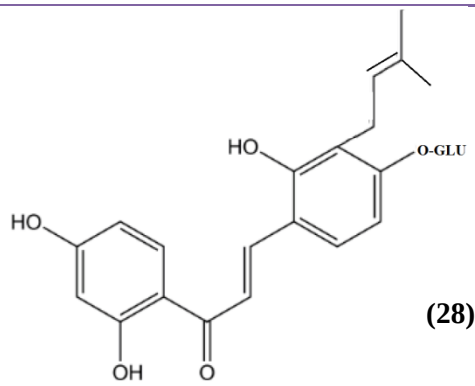
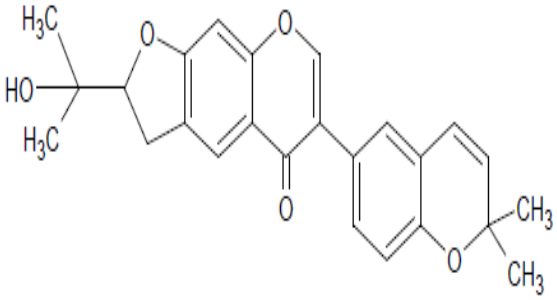
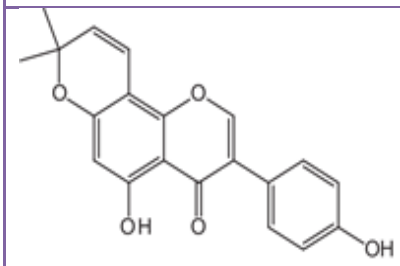
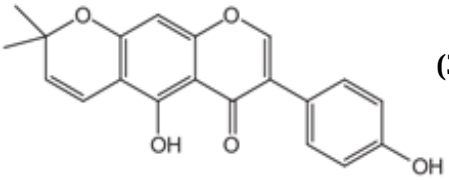
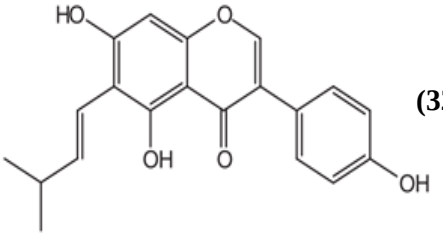
Los estudios fitoquímicos en extractos etanólicos de corteza y hojas de *Maclura tinctoria* han indicado una riqueza en composición de derivados de flavonoides y dibenzofenonas como se puede observar en la ***Tabla 6***.

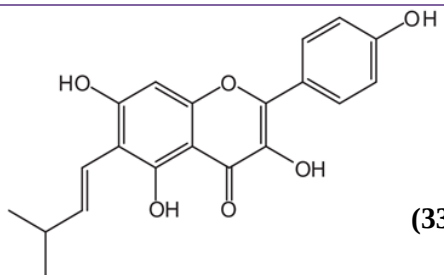
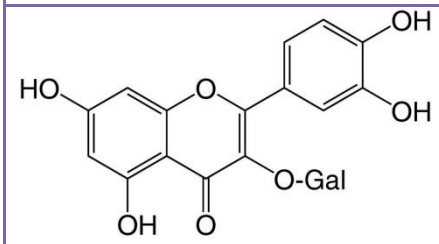
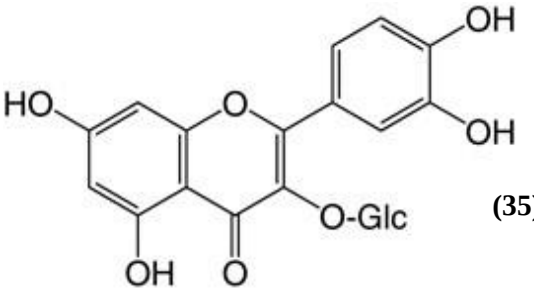
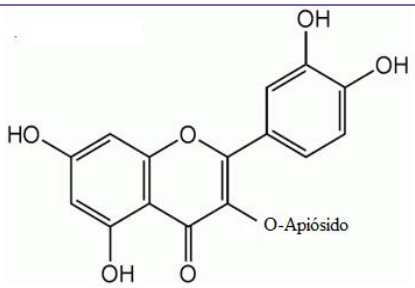
**Tabla 6.** Polifenoles presentes en la especie Maclura tinctoria L.

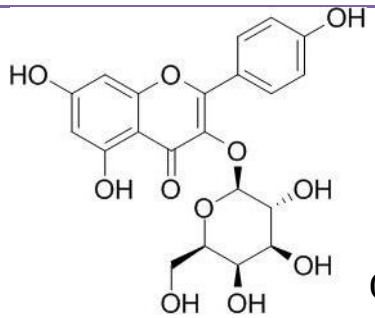
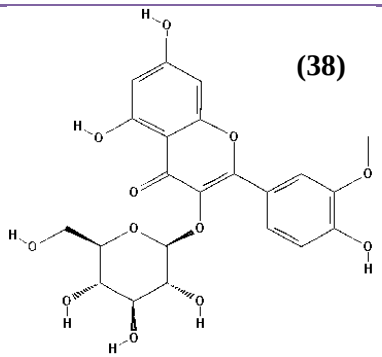
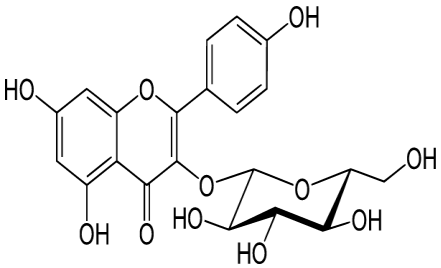
| **Estructuras representativas aisladas de *Maclura tinctoria*** | **Nombre del metabolito secundario** |
|---|---|
|  **(15)** | Steppogenina 4′-*O*-*β*-D-glucósido (EI-Sohly, Joshi, C-Li, & Ross, 1999) |
|  **(16)** | Maclurina (2,3,4,4’,6-pentahidroxibenzofenona) (Sanchez & López, 2008) |
|  **(17)** | Orobol 5,3′-di-*O*-metil-8-C-glucósido (EI-Sohly, Joshi, C-Li, & Ross, 1999) |
|  **(18)** | Dihidromorina (Lamounier, y otros, 2012) |

| | | |
|---|---|---|
|  | **(19)** | Orobol 7-*O*-*β*-D-glucósido (Cioffi, Morales Escobar, Braca, & De Tommasi, 2003) |
|  | **(20)** | Aromadendrina (3, 5, 7, 4′-Tetrahidroxiflavanonol) (Cioffi, Morales Escobar, Braca, & De Tommasi, 2003) |
|  | **(21)** | Steppogenina (5,7,2′,4′-Tetrahidroxiflavanona) (EI-Sohly, Joshi, C-Li, & Ross, 1999) |
|  | **(22)** | Orobol (5,7,3′,4′-Tetrahidroxiisoflavona) (EI-Sohly, Joshi, C-Li, & Ross, 1999) |

| | |
|---|---|
|  **(23)** | Macluraxantona B (Groweiss, Cardellina, & Boyd, 2000) |
|  **(24)** | Macluraxantona C (Groweiss, Cardellina, & Boyd, 2000) |
|  **(25)** | Eriodictiol 7-O-a-D-glucopiranósido (EI-Sohly, Joshi, C-Li, & Ross, 1999) |
|  **(26)** | Naringenina (Cioffi, Morales Escobar, Braca, & De Tommasi, 2003) |
|  **(27)** | Naringenina 4′-O-a-D-glucopiranósido (EI-Sohly, Joshi, C-Li, & Ross, 1999) |

| | |
|---|---|
|  **(28)** | 3'-(3-metil-2-butenil)-4'-O-a-D-glucopiranosil-4,2'-dihidroxichalcona (EI-Sohly, Joshi, C-Li, & Ross, 1999) |
|  **(29)** | 6-(2,2-dimetil-2Hcromen-6-yl)-2-(1-hidroxi-1-metilletil)-2,3-dihidro-5Hfuro[3,2-g]cromen-5-ona (de Oliveira Oyama, de Souza, Baldoqui, Sarragiotto, & Silva, 2013) |
|  **(30)** | Alpinum (de Oliveira Oyama, de Souza, Baldoqui, Sarragiotto, & Silva, 2013) |
|  **(31)** | Derrona (de Oliveira Oyama, de Souza, Baldoqui, Sarragiotto, & Silva, 2013) |
|  **(32)** | Wighteona (de Oliveira Oyama, de Souza, Baldoqui, Sarragiotto, & Silva, 2013) |

| | |
|---|---|
|  **(33)** | Licoflavonol (de Oliveira Oyama, de Souza, Baldoqui, Sarragiotto, & Silva, 2013) |
|  **(34)** | Quercetina *O*-galactósido (hiperósido) (de Oliveira Oyama, de Souza, Baldoqui, Sarragiotto, & Silva, 2013) |
|  **(35)** | Quercetina *O*-glucósido (isoquercetina) (de Oliveira Oyama, de Souza, Baldoqui, Sarragiotto, & Silva, 2013) |
|  **(36)** | Quercetina *O*-apiósido (de Oliveira Oyama, de Souza, Baldoqui, Sarragiotto, & Silva, 2013) |

| | |
|---|---|
|  **(37)** | Kaempferol *O*-galactósido (de Oliveira Oyama, de Souza, Baldoqui, Sarragiotto, & Silva, 2013) |
|  **(38)** | Isorhamnetina *O*-glucósido galactósido (de Oliveira Oyama, de Souza, Baldoqui, Sarragiotto, & Silva, 2013) |
|  **(39)** | Kaempferol *O*-glucósido (astragalina) (de Oliveira Oyama, de Souza, Baldoqui, Sarragiotto, & Silva, 2013) |

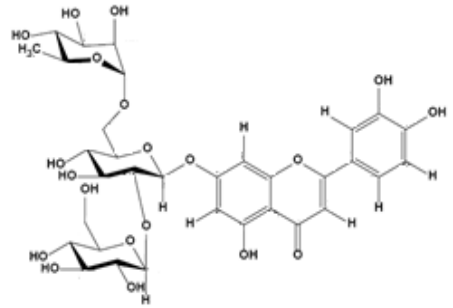
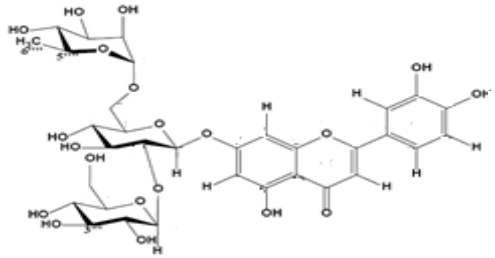
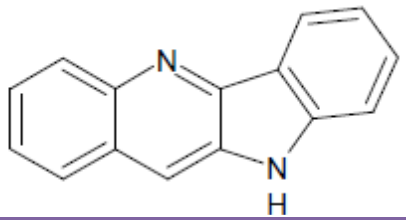
6.2.3.4 *Justicia secunda Vahl*. (Acanthaceae)

Esta familia Acanthaceae, comprende aproximadamente 250 géneros con 2500 especies. Según (Corrêa & Alcântara, 2012) sus especies están muy extendidas en las regiones tropicales del mundo y están poco representadas en las regiones templadas (Mabberley, 1997). Justicia es el género más grande de Acanthaceae, con aproximadamente 600 especies que se encuentran en regiones tropicales. (Corrêa & Alcântara, 2012).

El género *Justicia* contiene metabolitos secundarios principales como lignanos, que exhiben propiedades farmacológicas importantes, como las actividades de agregación antiviral, antitumoral, antinflamatoria y antiplaquetaria, que justifican una mayor exploración biológica y química. La especie *Justicia secunda Vahl*, posee una coloración característica en los extractos,

la cual está dada por las antocianinas presentes, las cuales han sido utilizadas por su eficacia contra la anemia. (Moswa, Kapanda, Mugende, Okitolonda, Mayangi, & Mihigo, 2003)

**Tabla 7.** Estructura de los metabolitos secundarios que dan coloración de la especie Justicia secunda.

| **Estructuras representativas aisladas de *Justicia secunda*** | **Nombre del metabolito secundario** |
|---|---|
|  **40** | **113** Luteolina 7-O-[β-glucopiranosil-(1→2)-β-ramnosil-(1→6)] β-glucopiranósido. |
|  **41** | **114** Luteolina 7-O-[β-apiofuranosil-(1→2)-β-xylopiranósido |
|  **42** | **115** Quindolina |

6.2.3.5 *Galium canescens L.* (Rubiaceae)

Esta familia Rubiaceae, contiene una amplia aplicación en medicina con 500 géneros y 10700 especies. En Colombia está representada por 105 géneros nativos que incluyen más de 960 especies, esta familia es una de las mejores representadas en cuanto al número de individuos y especies. Rubiaceae es una familia que tiene mayor presencia en regiones tropicales y subtropicales. Es una de las más diversas a nivel mundial, ya que ocupa el cuarto lugar después de Asteraceae, Orchidaceae y Poaceae. (Mendoza , Ramirez, & Jiménez, 2004)

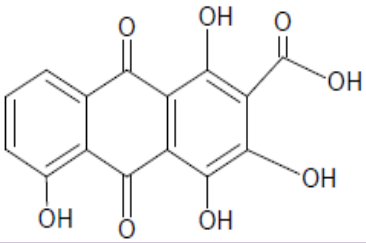
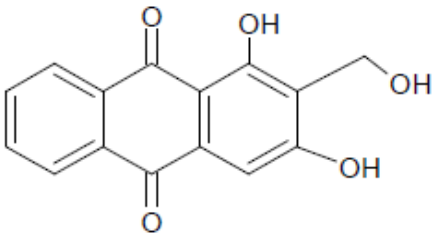
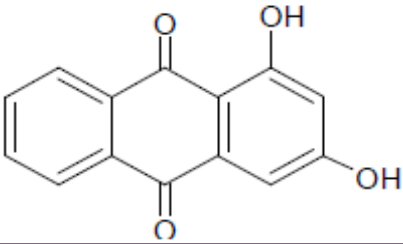
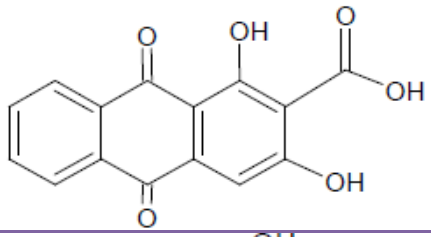
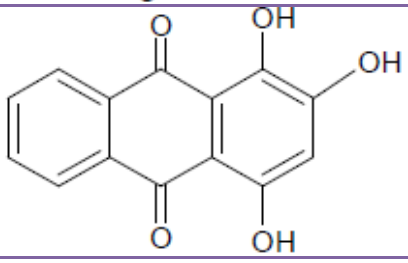
En cuanto al género *Galium*, consiste en 400 plantas herbáceas y 145 de ellas están distribuidas en Europa. Las especies de este género son usadas como diurético, colerético, en tratamiento de molestias estomacales y epilepsia en medicina tradicional. Las especies de este género que han sido investigadas, contienen iridoides, saponinas triterpénicas y antraquinonas, además se han encontrado estructuras aisladas de partes aéreas como rutina, quercetina, hiperósido, ácido clorogénico y caféico en *Galium mollugo* y *Galium verum* (Mocan, Crisan, Vlase, Ivânescu, Sabin Bâdârâu, & Letitia Arsene, 2016).

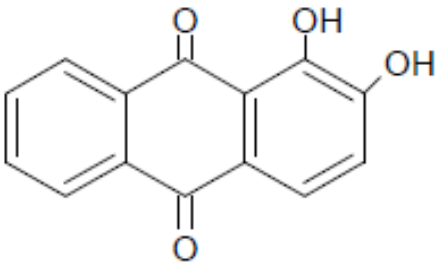
Ácido clorogénico y ácido caféico fueron identificados de la especie *Galium odoratum* al igual que en la anterior, en *Galium aparine* se encontró ácido caféico y ácido gálico como ácidos polifenólicos y flavonoides como luteolina (Mocan, Crisan, Vlase, Ivânescu, Sabin Bâdârâu, & Letitia Arsene, 2016).

Los metabolitos secundarios que proporcionan posiblemente la coloración rojiza son: Alizarina en *Galium verum L*, pseudopurpurina en *Galium mollugo L*., purpurina en *Galium aparine L*. lucidina en *Galium odoratum L*. (Scop) y la especie de interés *Galium canescens* se atribuye a la estructura de purpurina, pseudopurpurina (Bechtold & Mussak, 2009), alizarina lucidina, xantopurpurina y munjistina (Devia & de Schrimpff, Los textiles precolombinos de Nariño y del Ecuador similutes y diferencias en colorantes, técnicas y diseños, 2017)

A continuación se presentan las estructuras representativas de los metabolitos secundarios que se reportan en *Galium canescens* **(Ver tabla 8).**

***Tabla 8.*** Estructura de los metabolitos secundarios que dan coloración de la especie *Galium canescens*.

| **Estructuras representativas aisladas de *Galium canescens*** | **Nombre del metabolito secundario** |
|---|---|
|  **43** | Pseudopurpurina |
|  **44**  **45** | **44** Lucidina<br>**45** Xantopurpurina |
|  **46** | Munjistina |
|  **47** | Purpurina |




**48**

Alizarina

## 6.3 APLICACIONES DE COLORANTES EN LA INDUSTRIA TEXTIL

La utilización de los colorantes se remonta a épocas muy antiguas, hecho que se traduce por el descubrimiento de grabados, papiros, telas y demás objetos con una variedad de tonalidades, de lo que se infiere la importancia de su estudio. Los indígenas extraían colorantes tanto de origen vegetal como animal y mineral con técnicas específicas según su uso (Klinger Brahan, 2000).

### 6.3.1 Teñido de las fibras

Es importante resaltar que la afinidad de las fibras con los colorantes depende de cómo se ordenan las moléculas en las fibrillas, la penetración y la estabilidad de estas, independientemente del tratamiento posterior que sufra la fibra.

Isabel Wintage (1974) citada por (Klinger Brahan, 2000), menciona que en el transcurso de una coloración se transfiere el colorante desde una solución al polímero inmerso en ella y el fenómeno obedece a un equilibrio físico-químico de difusión y sorción de las moléculas o iones del colorante. El proceso anterior puede ser complementado con mordientes, los cuales ayudan a transmitir el color de modo que el colorante se adhiera a la fibra.

El mordiente actúa rompiendo enlaces hidrogenados para que el ión metálico se aproxime al átomo de hidrógeno de la fibra. Al introducir la fibra mordentada al colorante extraído se forma un conjunto ión del mordiente que es insoluble. La cantidad de colorante absorbido por la fibra aumenta en forma lineal y luego asintóticamente hasta llegar a la saturación (Klinger Brahan, 2000).

6.3.2 Fibras textiles

Las fibras se pueden clasificar según el origen, el cual puede ser natural procedente del reino vegetal y animal; artificiales que se obtienen por transformaciones químicas de fibras naturales, sin que se destruya las macromoléculas que las constituyen y las fibras sintéticas que son obtenidas por un proceso de transformaciones químicas también denominadas polimerización.

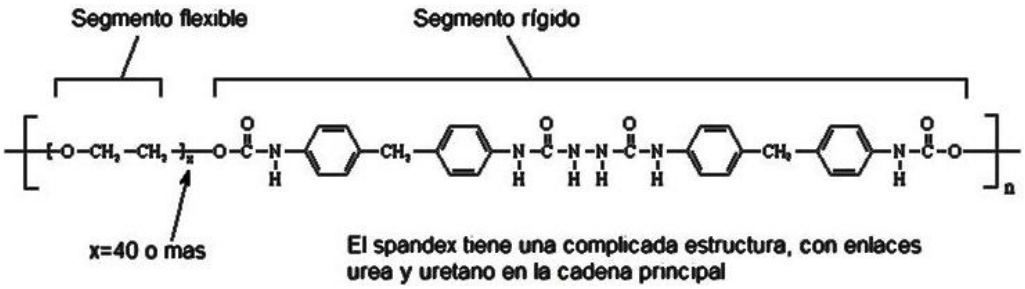



*Figura 1.* Fibra sintética denomina spandex, licra o elastano. Su estructura química se conforma por polímeros (poliuretanos o poliurea) a base de un éter polibutenico o polímero amorfo. Se caracteriza por tener moléculas de gran longitud, flexibilidad y grupos (-OH) en los extremos (Male, 2012).

***6.3.2.1 Fibras celulósicas y proteínicas***

Se conforman por un polímero formado por unidades de glucosa que se unen en las posiciones 1, 4, la ubicación es paralela lo que producirá polímeros lineales que se mantiene unidos en las fibrillas a través de puentes de hidrógeno. El agua, al entrar en los espacios interfibrilares, producen un ·hinchamiento de la fibra.

Lo anterior explica la resistencia al desgaste transversal a diferencia al estiramiento longitudinal por el grado de orientación de las moléculas.

Entre las fibras celulósicas se encuentran el lino, yute, cáñamo, madera, paja, algodón y el kapok, las dos últimas conocidas como fibras de semillas; al resto se le denomina fibras del líber, provenientes de tallos u hojas.

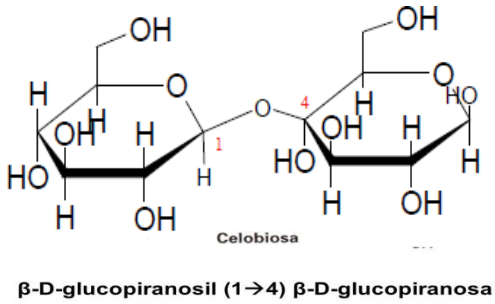



*Figura 2.* Cadena celobiósica de la fibra de celulosa. La celulosa es un polímero lineal, cuya unidad básica en la D-glucosa que se enlaza mediante un enlace glucosídico en la configuración β-(1→4) dando lugar a la unidad de celobiosa que se repite exactamente en la cadena polimérica.

Las fibras proteínicas son polímeros lineales de aminoácidos. Las naturales están representadas por lana, seda y pelo de origen animal. Cuyos componentes principales que actúan como material de sostén son: queratina y fibroína.

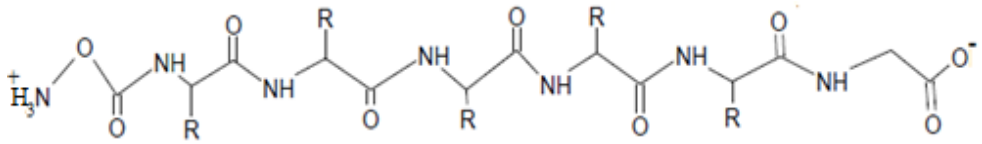


*Figura 3.* Cadena proteica, constituida por enlaces covalentes de tipo amido y dispuestos en forma lineal.

### *6.3.2.2 Retención del colorante en la fibra*

La retención del colorante en la fibra depende de la estructura química a la que este pertenece:

- Colorantes Ácidos: Son sales sódicas de nacidos sulfónicos y nitrofenoles, tiñen directamente las fibras animales, pero no las vegetales.
- Colorantes básicos: Llevan grupos auxócromos básicos. Tiñen directamente las fibras animales y a las vegetales.
- Colorantes sobre Mordiente: Si el colorante es ácido se requiere mordiente básico.
- Colorantes azoicos: Es la familia química más importante entre los colorantes orgánicos comerciales. Son capaces de proporcionar un rango de matices prácticamente completo,

además de dar una intensidad de color alta, aproximadamente el doble que las antraquinonas. Pueden proporcionar solidez a la luz, al calor, al agua y a otros disolventes.

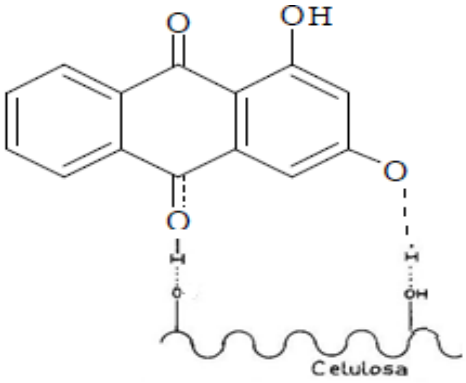



*Figura 4.* Interacción del colorante xantopurpurina con la fibra de celulosa.

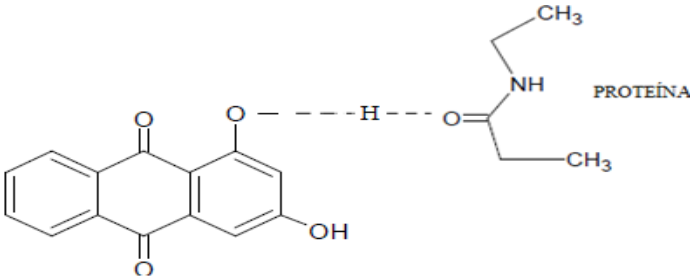



*Figura 5.* Interacción de la colorante xantopurpurina con fibra proteínica.

Los colorantes quedan retenidos por las fibras, a través de diferentes métodos como:

- Adsorción física: Es el fenómeno en el que las moléculas del colorante son suficientemente atraídas por la fibra reteniéndolas y resistiendo los tratamientos de lavado.
- Reacción en fibra: Las moléculas o iones reaccionan con la fibra, por enlaces covalente formando nuevas derivaciones de color en estas. (Rojas Lobano, 2011).

**Tabla 9.** Tipos de mecanismo y uniones de las moléculas colorantes a la fibra. Tomado de (Rojas Lobano, 2011).

| Mecanismo | Tipo de unión | Reversibilidad |
|---|---|---|
| Específico | Enlace de hidrógeno | + |
| | Enlace covalente | - |
| | Enlace covalente dativo | - |
| No específico | Fuerza de Van der Waals | + |
| | Enlace electrovalente | + |

| | | |
|---|---|---|
| | Enlace ión-dipolo | + |
| | Enlace dipolo-dipolo | + |
| | Retención mecánica | - |

## 6.4 POLIFENOLES TOTALES

Los compuestos fenólicos (fenoles y polifenoles) constituyen un amplio conjunto de metabolitos de plantas derivados por las dos principales vías, la del shikimato y la del acetato, que hacen parte integral de la dieta tanto de animales como de humanos.

Estos desempeñan diversas funciones fisiológicas. Se trata de compuestos que intervienen en el crecimiento y reproducción de las plantas, así como en procesos defensivos contra agentes patógenos, depredadores o radiación ultravioleta. (García)

La concentración y tipos de compuestos polifenólicos varían dependiendo del órgano de la planta tomado para la cuantificación de estos, así mismo el grado de madurez, la exposición solar y las condiciones de cultivo, etc.

### 6.4.1 Métodos de cuantificación de polifenoles totales

En la actualidad, la cuantificación de los fenoles es llevada a cabo mediante dos técnicas; basadas en reacciones óxido reducción (Folin-Ciocalteu el más empleado y el método de Price y Butler) (Agudelo, 2015) y un nuevo método que utiliza sal de diazonio Fast Blue BB él cual se basa en el acoplamiento de compuestos fenólicos con la sal de diazonio (-+N=N-) que da como resultado la formación de complejos azo. (Medina, 2011).

En el método de Folin-Ciocalteu, el ión fenolato es oxidado (en medio alcalino) mientras que el reactivo fosfotúngstico-molíbdico es reducido, formando un complejo color azul (cromóforo). (Agudelo, 2015)

## 6.5 ANALISIS DE COLORANTES

Para la determinación de compuestos colorantes los métodos más extendido son las técnicas cromatográficas, como es el caso de la cromatografía liquida de alta resolución (CLAR).

La cromatografía de pares iónicos en fase invertida ha sido, así mismo una técnica analítica de gran utilidad en la determinación de colorantes. Uno de los contraiones más utilizados es el bromuro o cloruro de tetrabutilamonio tanto en alimentos como en cosméticos. También han

utilizado las técnicas de HPLC para la detección y determinación de colorantes artificiales y orgánicos. (Villaseñor, 1995)

La cromatografía de líquidos, es una técnica de análisis químico ampliamente utilizada, la cual permite separar físicamente y cuantitativamente los distintos componentes de una solución por la absorción selectiva de los constituyentes de una mezcla, consta de dos fases, una fija que suele llamarse fase estacionaria, y una móvil (fase móvil) que fluye permanente durante el análisis, y que en este caso es un líquido. (UNAM., 2007)

# 7 DISEÑO METODOLÓGICO

## 7.1 SELECCIÓN, RECOLECCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE LAS ESPECIES

Los criterios para la selección de las especies de nuestro estudio dependieron de su uso y de la información disponible. De las especies usadas por los indígenas Ika, en el teñido de fibras es muy frecuente el uso de la madera de Zorkwanu (*Bocconia sp*.), en la obtención de colores firmes de un amarillo intenso (Devia, de Schrimpff, Devia, & Niño Izquierdo, 2016). Considerando la poca información que se tenía sobre el uso de esta planta por sus propiedades tintóreas se seleccionó para nuestro estudio y se llevó acabo su identificación en el herbario de la Universidad Distrital. En los tonos amarillos este grupo también utiliza una especie tropical, la murita o dinde (*Maclura tinctoria (L.)* Syn. *Chlorophora tinctoria*). Debido a que no existe estudios recientes sobre su aplicación en tejidos de algodón se seleccionó para evaluar sus propiedades en fibras de este tejido.

En la comunidad Zenú, utilizan para el teñido de caña flecha una especie denominada insulina (*justicia sp*.) de la cual obtienen colores rojizos a morados. Esta especie fue seleccionada por un trabajo de campo llevado a cabo por la profesora Beatriz Devia directora del grupo de colorantes naturales[1] y, se llevó al herbario de la universidad distrital para su identificación.

En la comunidad prehispánica de los pastos existió una riqueza en el uso de diferentes especies como colorantes para el teñido. Dentro de las especies utilizadas se encuentra el *Juglans neotrópica* Diels, especie muy reconocida por sus extractos tánicos. De esta especie se conoce su aplicación tradicional para la obtención de colores marrones a negros, en la producción de ruanas y en el teñido de cueros (Torres Romero, 1983).

[1] Comunicación personal de la profesora Beatriz Devia

Debido a que no se conocen trabajos sobre el teñido de tejidos de algodón se seleccionó para evaluar su comportamiento sobre estos tejidos. En la obtención de colores rojizos esta comunidad utiliza una especie denominada *Galium canescens*. Observando que no hay estudios recientes acerca de la estabilidad del teñido sobre tejidos de algodón.

El material vegetal recolectado y seleccionado para el presente trabajo de investigación, se dividió en dos partes, para la realización del teñido y para los análisis químicos correspondientes.

## 7.2 ANÁLISIS FITOQUÍMICO PRELIMINAR

El análisis fitoquímico se realizó sobre el extracto metanólico de hojas, frutos, corteza y raíces de las especies *Justicia sp*, *Juglans neotrópica*, *Bocconia frutescens*, *Chlorophora tinctoria y Galium canescens*, ver tabla 12.

A partir de material vegetal de cada especie seca y/o fresca y molida, se preparó un extracto con 150 mL de etanol al 96%, se realizó una extracción sólido-líquido Soxhlet. Se concentró mediante rotaevaporación para la realización de diferentes pruebas cualitativas para corroborar los principales grupos de metabolitos secundarios presentes en la especie de acuerdo con el protocolo descrito por (Sanabria, 1983). A continuación, se presenta en la ***Figura 6*** el diseño metodológico general de los procesos realizados para el estudio fitoquímico de las especies vegetales mencionadas anteriormente.

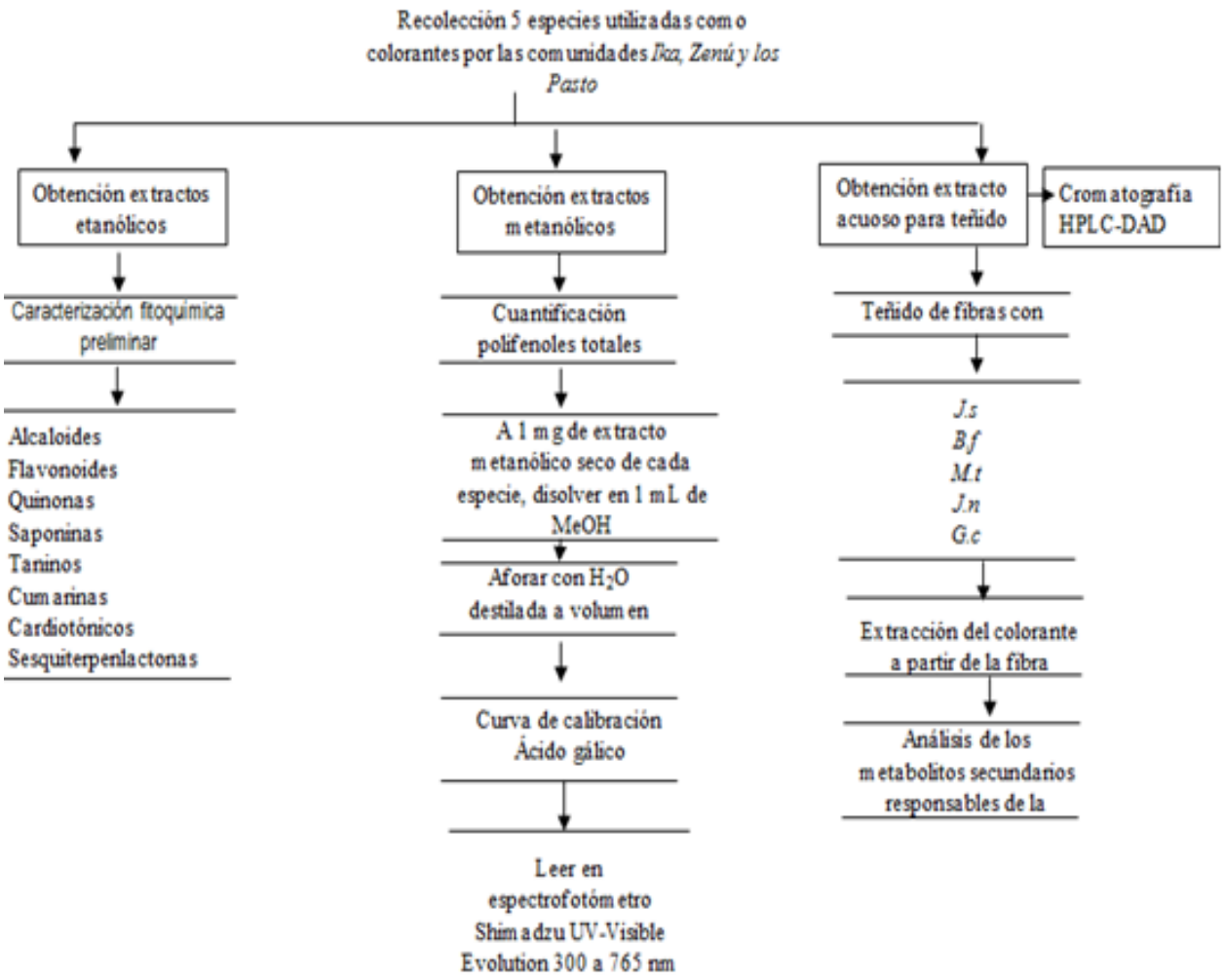



*Figura 6.* Diseño metodológico general de los procesos realizados para el estudio fitoquímico de las especies vegetales.

**Tabla 10.** Estado del material vegetal utilizado.

| Especie | Peso material vegetal total | Condición de uso | Peso material seco | % Humedad |
|---|---|---|---|---|
| ***Justicia secunda*** | 50,17 g | Fresco | - | 74,79% |
| ***Bocconia frutescens*** | 52,30 | Fresco | - | 60,00% |
| ***Chlorophora tinctoria*** | 59,0 g | Seco | 45,574 g | 22,756% |
| ***Juglans neotrópica*** | 53,569 g | Fresco | - | 42,00% |
| ***Galium canescens*** | 12,05 | Seco | 7,09 g | 41,161% |

## 7.3 CUANTIFICACIÓN POLIFENOLES TOTALES EN EXTRACTOS METANÓLICOS de *Justicia secunda, Bocconia frutescens, Galium canescens, Chlorophora tinctoria y Juglans neotrópica*

El análisis de polifenoles totales en extractos metanólicos de las 5 especies estudiadas se realizó empleado la técnica espectrofotométrica UV/visible utilizando como patrón concentraciones crecientes de ácido gálico siguiendo la metodología de (García Ortiz, Gutierrez Avella, & Olmos E., 2010).

1mg de material vegetal de cada especie se disuelve en 1 mL de MeOH aforando a 10 mL con agua destilada, luego a una alícuota de 0,2 mL de esta solución, se adiciona 0,8 de agua destilada, 0,5 de Folin- Ciocalteu (1N) y 2,5 mL de carbonato de sodio ($Na_2CO_3$) al 20% se incuba durante 60 minutos y se realiza la lectura en un espectrofotómetro Shimadzu Uv/vis Evolution, con un barrido desde 500nm hasta 765nm. Para la curva de calibración se emplea como patrón una solución stock de 120 mg/L de ácido gálico, a partir de la cual se realizaron diluciones en serie de (6,31, 5,05, 3,78, 2,52 y 1,26 mg/L) completando hasta aforo con agua destilada, posteriormente se adiciona carbonato de calcio y Folin-Ciocalteu por triplicado.
La concentración total de polifenoles se determina a partir de la curva de calibración con las soluciones de ácido gálico. Los valores de la concentración de polifenoles totales se expresan como mg de ácido gálico por gramo de extracto seco (mg GA/g extracto seco) (García Ortiz, Gutierrez Avella, & Olmos E., 2010).

**Tabla 11.** Tabla de adición de reactivos y cantidades utilizadas para cuantificación de polifenoles totales.

| Nº Tubo | Solución ácido gálico ( µL) | Agua destilada ( µL) | Reactivo Folin ( µL) | Solución $Na_2CO_3$ ( µL) |
|---|---|---|---|---|
| **Blanco** | 0 | 1000 | 500 | 2500 |
| **1** | 40 | 800 | 500 | 2500 |
| **2** | 80 | 800 | 500 | 2500 |
| **3** | 120 | 800 | 500 | 2500 |
| **4** | 160 | 800 | 500 | 2500 |
| **5** | 200 | 800 | 500 | 2500 |

## 7.4 TEÑIDO SOBRE FIBRA CELULÓSICA

Se llevo a cabo una serie de pruebas sobre trozos de tela de composición 100% algodón, en busca de establecer unas condiciones adecuadas para el teñido de este material textil. La extracción y teñido se realizó bajo los protocolos modificados de (Devia,. 1997).

### 7.4.1 Tratamiento previo del material textil

Las muestras de tela de composición 100% algodón con densidad (hilos/pulgada) = 31 urdimbre y 27 trama, de 17 cm* 17 cm de dimensión, se pesaron y se descrudaron antes del proceso de teñido. En algunos de los ensayos como tratamiento previo del material textil, los trozos de tela se sometieron al proceso de mordentado para comparar el proceso de reacción entre colorante-fibra.

### 7.4.2 Descrudado

Las muestras de tela se cubren por completo en una solución de carbonato de sodio (Carbonato de sodio para análisis, Merck) al 10% p/v (60 g $Na_2CO_3$; 600 mL $H_2O$ d) y se calientan hasta llegar a temperatura de ebullición, durante 60 minutos, manteniendo agitación constante durante el proceso. Finalmente se detiene el calentamiento y se deja a temperatura ambiente, los trozos de tela se lavan con abundante agua destilada y se continua el proceso (**ver figura 7)** (Devia, 1997).

### 7.4.3 Mordentado

Para el proceso de mordentado, los trozos de tela se sumergen por completo en una solución de alumbre, $KAl\ (SO_4)_2$ *12 $H_2O$ al 15% con respecto al peso total de 4 trozos de tela y se somete a calentamiento hasta ebullición y se mantiene durante 45 minutos con agitación constante durante el proceso. Finalmente se deja a temperatura ambiente (Devia et al, 2013).

## 7.5 PREPARACIÓN DE LA SOLUCIÓN TINTÓREA

La solución tintórea se realizó con las diferentes muestras de material vegetal (*ver tabla 11)*, que fueron pesadas para alcanzar una proporción 1: 6, 1:10 y 1:8 con respecto al peso de la tela, modificando la proporción para la selección del mejor teñido, luego se le adicionó agua destilada hasta cubrir el material vegetal por completo (2,2 L), la solución tintórea se llevó a ebullición durante 60 minutos con agitación constante, luego se dejó a temperatura ambiente y se dejó en maceración en frio por 24 horas si es material fresco o 48 horas si es material seco. (Devia et al, 2013).

Cabe resaltar que la preparación de la solución tintórea varía en *Juglans neotrópica* ya que se agregó a la primera sulfato férrico y se procedió a teñir, realizando ensayos con aplicación de colorante directo y con mordiente.

### 7.5.1 Proceso de teñido

La tela se adiciona a la solución tintórea, cuidando que quede totalmente cubierta y dependiendo de la especie con la que se esté llevando el proceso, se calienta entre 60 y 70 ºC durante 1 hora con agitación constante, luego se deja a temperatura ambiente y se mantiene en reposo durante1 día. Finalmente, la tela se retira de la solución tintórea, se lava con abundante agua destilada para retirar el exceso de solución tintórea y se deja secar a la sombra **(Ver figura 7).**

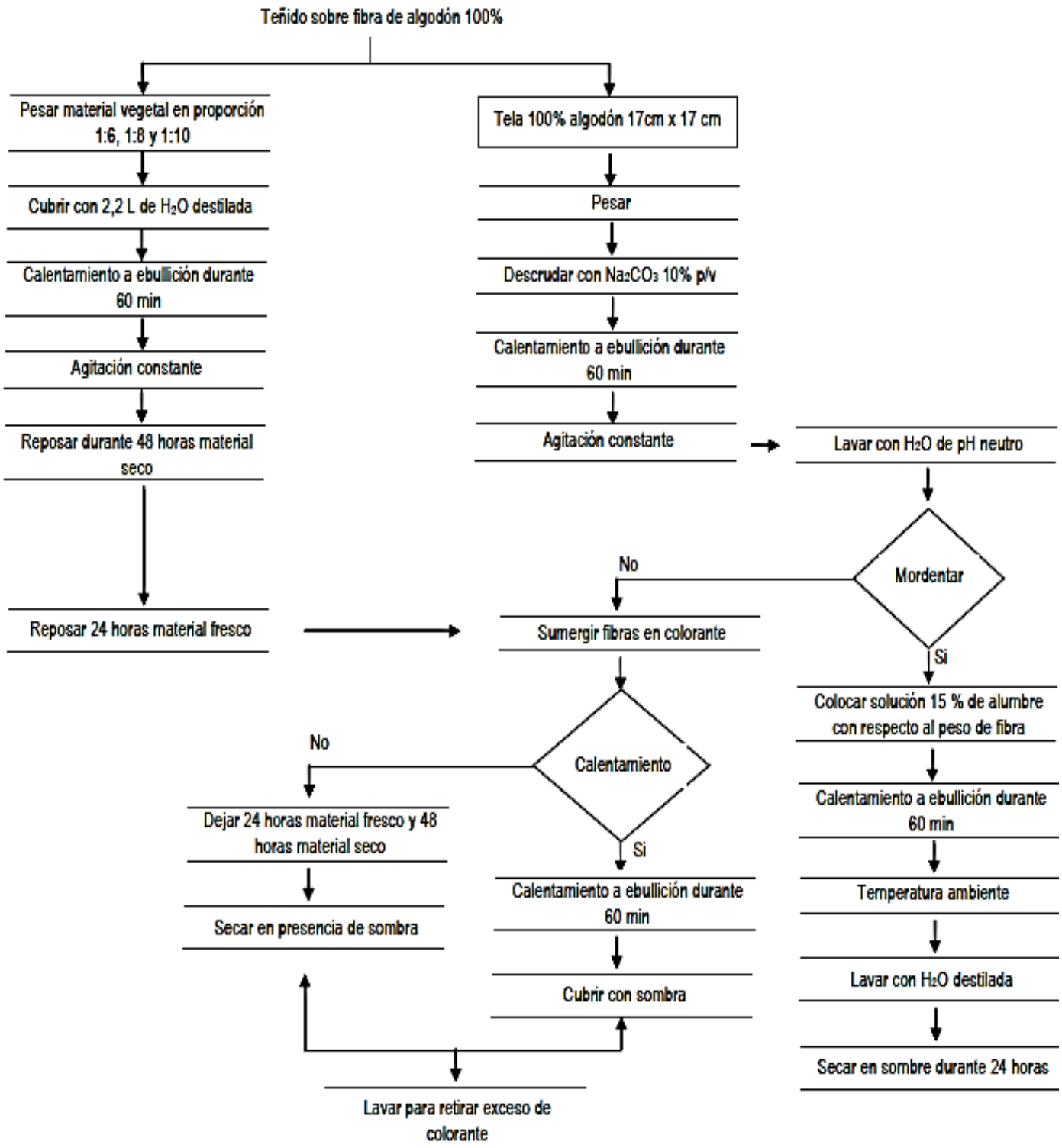



*Figura 7.* Diseño metodológico para proceso de teñido.

## 7.6 ANÁLISIS E IDENTIFICACIÓN POR HPLC-DAD

### 7.6.1 Extracción y análisis de la fibra textil teñida

Las pruebas que presentaron resultados óptimos (homogeneidad y color) al finalizar el proceso de teñido, se seleccionaron para la extracción y análisis en busca de los componentes responsables de la propiedad colorante de las *especies Justicia secunda, Bocconia frutescens, Chlorophora tinctoria, Galium canescens, y Juglans neotrópica.*

A partir del análisis de cromatografía líquida de alta resolución por arreglo de diodos (HPLC-DAD), se obtiene el perfil cromatográfico del extracto colorante, lo que permitirá cotejar los extractos de las diferentes pruebas de teñido para observar el efecto del método en el tipo de moléculas que se retienen en las fibras.

Lo anterior es posible a partir del tratamiento de la muestra por dos tipos de hidrólisis: débil y fuerte.

### 7.6.2 Hidrólisis débil

Para la extracción suave el material textil teñido se siguió el método descrito por (Devia et al, 2009), empleando 1,2 mg de muestra textil la cual se extrae con 200 µL de una mezcla compuesta por metanol (Metanol para análisis, Honeywell), agua (Chemí grado HPLC) y ácido oxálico (ácido oxálico analítico dihidratado, Scharlow) 0,1M en proporción 8:2:1 a 55ºC durante 30 minutos. Posteriormente la solución se filtra o se somete al sonicador para eliminar micro partículas y se coloca en un desecador al vacío con NaOH (hidróxido de sodio para análisis, Merck). Este procedimiento se realiza por triplicado para obtener una mayor concentración de los componentes extraídos. Finalmente, los residuos se re disuelven en volúmenes de 150 µL de metanol (Metanol para análisis, Honeywell), para su análisis por HPLC-DAD.

### 7.6.3 Hidrólisis fuerte

Partiendo del residuo del material textil proveniente de hidrólisis suave, se realizó una nueva extracción por hidrólisis fuerte de acuerdo con el método descrito por (Devia et al, 2009) en el cual se extrae con 250 µl de una mezcla compuesta por agua-metanol ( Grado HPLC, Merck) y ácido clorhídrico 37% ( G.A. ACS Merck Emsure) en proporción 1:1:2 a 92ºC durante 10 minutos, posteriormente se filtra y se seca en desecador al vacío con NaOH. De igual manera que

en la hidrólisis suave, el procedimiento se realizó por triplicado y los residuos son re-disueltos en 150 µl de metanol para su análisis HPLC-DAD.

7.6.4 Características del método instrumental

Se utilizó un equipo HPLC-DAD Waters e2695 con detector de arregló de diodos (Waters 2998) y una columna Hypersil GOLD de Thermo Scientific con una dimensión de 100 * 2.1 mm, con un tamaño de partícula de 3µm, con tamaño de poro 175 Å. Con un flujo de 200µl/min y una temperatura de la columna de 25°C. Utilizando el software 3 (Chromatography Data System, CDS).

A continuación se indica el gradiente utilizado:

**Tabla 12.** Características del método instrumental utilizado HPLC-DAD.

| **FLOW 0,2ml/min** | **$H_2O$** | **Ac fórmico 1%** | **Acetonitrilo** |
|---|---|---|---|
| **TIME** | % A | %B | %D |
| | 75 | 10 | 15 |
| **2,50** | 75 | 10 | 15 |
| **68,50** | 30 | 10 | 60 |
| **70,00** | 30 | 10 | 60 |
| **75,00** | 70 | 10 | 20 |

# 8 RESULTADOS Y DISCUSIÒN

## 8.1 SELECCIÓN, RECOLECCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE LAS ESPECIES

La corteza del árbol de la especie de género *Bocconia* fue recolectada en el municipio de Une Cundinamarca; vereda Timasita y clasificada en el herbario de la universidad distrital con el nombre y número B. Devia 02 y denominada con el nombre científico de *Bocconia frutescens.* La especie *Maclura tinctoria* se recolectó en el municipio de Honda Cundinamarca.

La recolección de las hojas de la especie *Justicia sp.* Se llevó acabo en el departamento de Cundinamarca municipio de Honda. Catalogada en el herbario de la universidad distrital bajo el nombre y número de identificación B. Devia 01, denominada con el nombre científico de *Justicia secunda* Valh.

La muestra de la especie *Galium canescens* fue suministrada por la directora del grupo de colorantes naturales de la universidad distrital. La recolección de la muestra de *Juglans neotrópica se* llevó acabo en el municipio de Une Cundinamarca, vereda Timasita.

## 8.2 ANÁLISIS FITOQUÍMICO PRELIMINAR

Para el análisis fitoquímico preliminar de las cinco especies de estudio, se procedió a tomar material vegetal fresco y seco dependiendo de la forma utilizada en el proceso de teñido (***Ver tabla 10*****).** De esta forma, se utilizó una proporción (***Ver tabla 13***) para que el material quedará de 10 g material vegetal seco y/o fresco y triturado con 150 mL de etanol, con extracción sólido-líquido en frío (Extracción soxhlet) dejando que este llevara a cabo 3 reflujos con el fin de obtener una solución concentrada y luego sometiendo a rotaevaporación a una temperatura de 41ºC, con rotación de 80 rpm y 300 mbar de presión para eliminación del solvente, en este caso metanol.

**Tabla 13.** Estado del material utilizado para análisis fitoquímico preliminar.

| ***Especie*** | **Peso en g material vegetal** |
|---|---|
| *Maclura Tinctoria* | 5g seco |
| *Juglans neotrópica* | 30g fresco |
| *Bocconia frutescens* | 35g fresco |
| *Justicia secunda Vahl* | 30 g fresco |
| *Galium canescens* | 3,2 g seco |

Para el análisis fitoquímico preliminar de *Maclura tinctoria* (***Ver tabla 14***), *Juglans neotrópica* (***Ver tabla 15***), *Bocconia frutescens* (***Ver tabla 16***), *Justicia secunda Vahl* (***Ver tabla 17***) y *Galium canescens* (***Ver tabla 18***), los resultados positivos se compararon frente a una muestra control que representa a cada metabolito secundario analizado.

**Tabla 14.** Análisis fitoquímico preliminar de *Maclura tinctoria*.

| Metabolitos secundarios | Resultado | Control positivo |
|---|---|---|
| **Alcaloides** | - | Cinconina<br>Ulex europaeus |
| **Taninos** | ++ | Ácido gálico |
| **Flavonoides**<br>**Antocianinas**<br>**Leucoantocianinas** | ++ | *Taraxacum officinale W.* |
| **Naftoquinonas/antraquinonas** | ++ | *Picramnia selowii* |
| **Saponinas** | - | |
| **Terpenos y/o esteroides** | - | *Furcraea andina*<br>*Olea europea* |
| **Cumarinas** | ++ | *Fueniculum vulgare* |
| **Sesquiterpenlactonas** | ++ | *Senecio madagascariensis* |
| **Glucósidos cardiotónicos** | ++ | *Digitalis. purpurea* |

- Para todos los resultados: ++ Presencia abundante, +/- presencia escaza y – no se detectó

De acuerdo con los resultados encontrados en la tabla 14, el análisis fitoquímico preliminar de la corteza de *Maclura tinctoria* indica la presencia de flavonoides por la prueba positiva de shinoda, antocianinas, leucoantocianinas, taninos, nafto y antraquinonas, cumarinas, sesquiterpenlactonas y regularmente glucósidos cardiotónicos.

Lo anterior se corrobora con la literatura debido a la presencia en gran proporción de flavonoides de tipo flavonas, flavonoles, isoflavonas, chalconas y flavanonas principalmente.

**Tabla 15.**Análisis fitoquímico preliminar de *Juglans neotrópica*.

| Metabolitos secundarios | Resultado | Control positivo |
|---|---|---|
| **Alcaloides** | ++ | Cinconina<br>Ulex europaeus |
| **Taninos** | ++ | Ácido gálico |
| **Flavonoides**<br>**Antocianinas**<br>**Leucoantocianinas** | ++<br>++<br>-- | *Taraxacum officinale W.* |
| **Naftoquinonas/antraquinonas** | ++ | *Picramnia selowii* |
| **Saponinas** | ++ | |
| **Terpenos y/o esteroides** | -- | *Furcraea andina*<br>*Olea europea* |
| **Cumarinas** | ++ | *Fueniculum vulgare* |
| **Sesquiterpenlactonas** | ++ | *Senecio madagascariensis* |
| **Glucósidos cardiotónicos** | ++ | *Digitalis. purpurea* |

De acuerdo al análisis de la tabla 15 es posible inferir que en los frutos de *Juglans neotrópica* se puede encontrar alcaloides, taninos, flavonoides, antocianinas, naftoquinonas y antraquinonas, saponinas, sesquiterpenlactonas y glucósidos cardiotónicos. Para las pruebas de nafto/antraquinonas se tuvo un resultado positivo dando una coloración rojiza en la fase bencénica en Bortrager-Krauss como se esperaba, puesto que la literatura exalta la presencia de 1,4-naftoquinonas y juglona.

**Tabla 16.** Análisis fitoquímico preliminar de *Bocconia frutescens.*

| Metabolitos secundarios | Resultado | Control positivo |
|---|---|---|
| **Alcaloides** | ++ | Cinconina<br>Ulex europaeus |
| **Taninos** | -- | Ácido gálico |
| **Flavonoides**<br>**Antocianinas**<br>**Leucoantocianinas** | ++<br>--<br>-- | *Taraxacum officinale W.* |
| **Naftoquinonas/antraquinonas** | +/- | *Picramnia selowii* |
| **Saponinas** | ++ | |
| **Terpenos y/o esteroides** | +/- | *Furcraea andina*<br>*Olea europea* |
| **Cumarinas** | ++ | *Fueniculum vulgare* |
| **Sesquiterpenlactonas** | -- | *Senecio madagascariensis* |
| **Glucósidos cardiotónicos** | ++ | *Digitalis. purpurea* |

En la determinación de metabolitos secundarios *de Bocconia Frutescens* es posible analizar su resultado positivo para todas las pruebas de alcaloides, lo cual se corrobora con los antecedentes, además de encontrarse pruebas positivas para flavonoides, naftoquinonas y antraquinonas, saponinas, terpenos y/o esteroides, cumarinas y glucósidos cardiotónicos de manera regular a diferencia de las reacciones de alcaloides.

Es importante resaltar que para analizar las reacciones de alcaloides, fue necesario un proceso de extracción con éter de petróleo que permite quitar grasas o sustancias apolares, también fue necesario utilizar ácido clorhídrico al 5% para la extracción de alcaloides que se encuentran en forma insoluble, es decir con ácido los alcaloides se solubilizan en forma de sales y otras sustancias como los esteroles, pigmentos y otras impurezas se quedan en la fase orgánica. Por esto razón es importante desarrollar las pruebas en una fase acuosa ligeramente acidificada, ya

que si se realiza directamente en los extractos orgánicos o en extractos alcohólicos los precipitados se disuelven y no es posible identificar la presencia de los alcaloides.

Para las 5 pruebas realizadas: Drangendorff, Mayer, Valser, Schleiber, Wagner y Mayer, se evidenció cambió de coloración fuerte y un precipitado, lo que se explica químicamente por la interacción existente entre metales pesados y el núcleo cíclico nitrogenado propio de alcaloides. El ácido permite el proceso de precipitación, ya que en medio alcalino dificulta la formación del complejo y la formación de sales.

**Tabla 17.** Análisis fitoquímico preliminar de *Justicia secunda Vahl.*

| **Metabolitos secundarios** | **Resultado** | **Control positivo** |
|---|---|---|
| **Alcaloides** | ++ | Cinconina<br>Ulex europaeus |
| **Taninos** | ++ | Ácido gálico |
| **Flavonoides**<br>**Antocianinas**<br>**Leucoantocianinas** | ++<br>--<br>++ | *Taraxacum officinale W.* |
| **Naftoquinonas/antraquinonas** | +/- | *Picramnia selowii* |
| **Saponinas** | -- | |
| **Terpenos y/o esteroides** | ++ | *Furcraea andina*<br>*Olea europea* |
| **Cumarinas** | ++ | *Fueniculum vulgare* |
| **Sesquiterpenlactonas** | ++ | *Senecio madagascariensis* |
| **Glucósidos cardiotónicos** | ++ | *Digitalis. purpurea* |

En esta especie *Justicia secunda Vahl*, se encuentra una variedad de metabolitos secundarios entre ellos alcaloides, taninos, flavonoides, leucoantocianinas, naftoquinonas y antraquinonas, terpenos, esteroides, cumarinas, sesquiterpenlactonas y glucósidos cardiotónicos basados en el análisis fitoquímico preliminar, ahora bien, teniendo en cuenta los antecedentes en el género justicia y en la especie específica se encuentra una correlación puesto que se han aislados cumarinas como umbeliferona, flavonoles, flavonas, flavonoides glucosilados, alcaloides, terpenos y esteroides, saponinas, lignanos y neolignanos.

**Tabla 18.** Análisis fitoquímico preliminar de *Galium canescens*.

| **Metabolitos secundarios** | **Resultado** | **Control positivo** |
|---|---|---|
| **Alcaloides** | +/- | Cinconina<br>*Ulex europaeus* |
| **Taninos** | +/- | Ácido gálico |
| **Flavonoides**<br>**Antocianinas**<br>**Leucoantocianinas** | --<br>--<br>-- | *Taraxacum officinale W.* |
| **Naftoquinonas/antraquinonas** | ++ | *Picramnia selowii* |
| **Saponinas** | --<br>-- | |
| **Terpenos y/o esteroides** | --<br>-- | *Furcraea andina*<br>*Olea europea* |
| **Cumarinas** | +/-- | *Foeniculum vulgare* |
| **Sesquiterpenlactonas** | -- | *Senecio madagascariensis* |
| **Glucósidos cardiotónicos** | ++ | *Digitalis. purpurea* |

En el anterior análisis fitoquímico de la especie *Galium canescens* se encontraron metabolitos de tipo alcaloides, taninos, naftoquinonas y antraquinonas, cumarinas y glucósidos cardiotónicos. Especialmente las reacciones que dieron fuertes cambios de coloración fue para naftoquinonas y antraquinonas lo cual se relaciona con los antecedentes dados en la tabla 8, especialmente por antraquinonas. La prueba de Borntrager Krauss se caracteriza por extraer metabolitos secundarios de carácter apolar, puesto que el extracto metanólico fue tratado con peróxido de hidrógeno y ácido sulfúrico para hidrolizar los enlaces glucosilados y oxidar las antronas y antranoles hasta antraquinonas y naftoquinonas, para luego extraer en un solvente apolar como es el benceno y observar la coloración rojiza al poner estos metabolitos en contacto con una sustancia básica como lo es la mezcla entre hidróxido de sodio al 5% que contiene hidróxido de amonio al 2%.

Se obtienen resultados positivos para ácidos y bases donadores de electrones, rodamina, amoniaco e hidrosulfito de sodio, puesto que el mecanismo en estas pruebas se basa en oxido-

reducción, ya que se destruyen sustancias cromóforas como los grupos carbonilo que pasan a hidroxilos y a su vez las quinonas que se convierten en fenoles.

## 8.3 CUANTIFICACIÓN DE POLIFENOLES TOTALES

Los resultados de la marcha fitoquímica preliminar indican que las muestras analizadas poseen grupos de metabolitos secundarios pertenecientes a naftoquinonas y/o antraquinonas, taninos, flavonoides y alcaloides. Razón por la cual se escogió el análisis de polifenoles totales para cuantificar la presencia de este tipo de metabolitos.

La determinación del contenido de fenoles totales se realizó por el método colorimétrico Folin - Ciocalteu (Metodología 7.3 Determinación de fenoles totales). Se construyó una curva patrón utilizando como estándar ácido gálico. Los resultados se expresaron como miligramos de ácido gálico por cada 1 g de extracto seco (García Ortiz, Gutierrez Avella, & Olmos E., 2010).

Se evaluaron los extractos metanólicos de las especies *Juglans neotrópica, Maclura tinctoria, Galium canescens, Justicia secunda Vahl,* cabe resaltar que la especie *Bocconia frutescens* se descartó para este análisis debido a que en la literatura no se encuentra presencia de estructuras polifenólicas ni en los ensayos se obtuvo reacción al agregar el reactivo de Folin-Ciocalteu, lo cual se evidenció al no obtener un cambio colorimétrico.

Los valores de ácido gálico para la curva de calibración y la gráfica se observan en la **Tabla 19** y *Figura 9*. Los resultados **(Tabla 22)** muestran que todos los extractos metanólicos tratados contienen compuestos fenólicos en cantidades significativas.

**Tabla 19.** Datos de la curva de calibración para cuantificación de polifenoles totales.

| Concentración µg de Ácido gálico/ml | Absorbancia |
|---|---|
| **0,0** | 0,0 |
| **1,250** | 0,169 |
| **2,474** | 0,276 |
| **3,673** | 0,417 |
| **4,848** | 0,506 |
| **6,00** | 0,642 |

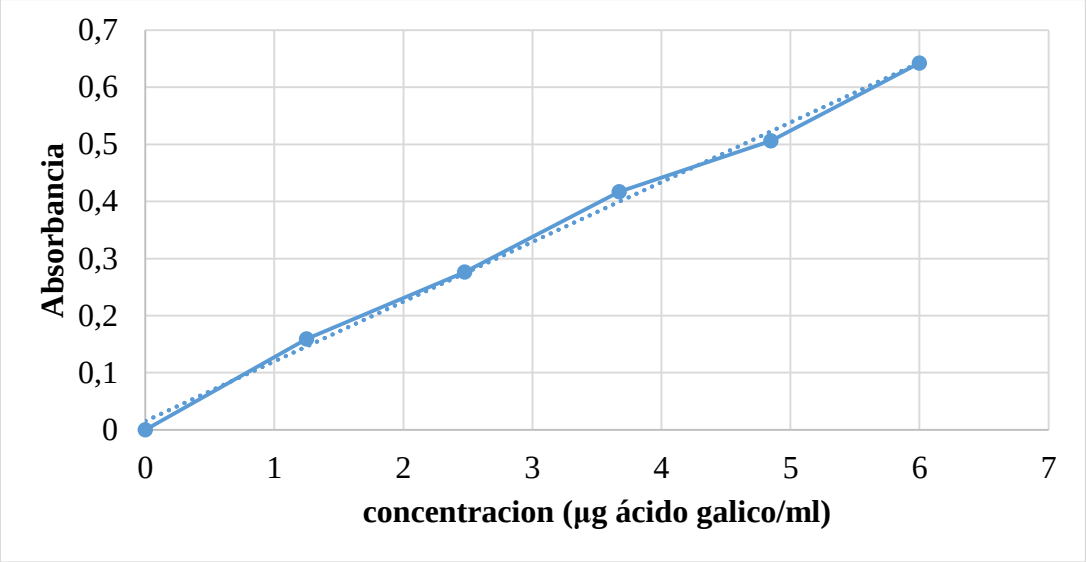



Figura 8. Curva de calibración con ácido gálico, cuantificación de polifenoles totales. Fuente: Propia

De acuerdo a las lecturas (***ver tabla 19***) se estableció la función matemática que relaciona las variables de ppm de ácido gálico y la absorbancia con un coeficiente de correlación de 0,9982; mediante la sustitución de la variable independiente de esta función, se obtuvieron los valores de interpolación del patrón utilizado. A partir de las cuales fue posible expresar el contenido fenólico de las muestras en estudio.

Debido a que el valor P en la estadística ANOVA es menor que 0,05, existe una relación estadísticamente significativa entre el contenido expresado en ácido gálico y concentración

en el extracto metanólico de las especies con un nivel de confianza del 95,0%, el estadístico R-cuadrada indica que el modelo ajustado explica 99,64% de la variabilidad en concentración de las muestras analizadas, con un coeficiente de correlación igual a 0,9982, se indica una relación relativamente fuerte entre las variables, la estadística indica que el modelo es adecuado para la interpolación de los valores y contenidos fenólicos obtenidos de los extractos metanólicos.

Los datos estadísticos y los valores calculados se discriminan en las tablas 20 y 21.

**Tabla 20.** Coeficientes estadísticos.

| | **Mínimos cuadrados** | **Estándar** | **Estadístico** | |
|---|---|---|---|---|
| **Parámetro** | Estimado | Error | T | Valor-P |
| **Intercepto** | -0,133397 | 0,112625 | -1,18444 | 0,3018 |
| **Pendiente** | 9,52269 | 0,284006 | 33,5299 | 0,0000 |

**Tabla 21.** Análisis de varianza.

| **Fuente** | **Suma de Cuadrados** | **Gl** | **Cuadrado Medio** | **Razón-F** | **Valor-P** |
|---|---|---|---|---|---|
| **Modelo** | 25,1079 | 1 | 25,1079 | 1124,25 | 0,0000 |
| **Residuo** | 0,0893318 | 4 | 0,0223329 | | |
| **Total (Corr.)** | 25,1972 | 5 | | | |

Coeficiente de Correlación = 0,998226

R-cuadrada = 99,6455 porciento

R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 99,5568 porciento

Error estándar del est. = 0,149442

Error absoluto medio = 0,105381

Estadístico Durbin-Watson = 2,57675 (P=0,5779)

Auto-correlación de residuos en retraso 1 = -0,390174

La salida muestra los resultados de ajustar un modelo lineal para describir la relación entre concentración y absorbancia. La ecuación del modelo ajustado es:

Concentración µg/ml Ác gálico = -0,133397 + 9,52269*Absorbancia

Puesto que el valor-P en la tabla ANOVA es menor que 0,05, existe una relación estadísticamente significativa entre concentración y absorbancia con un nivel de confianza del 95,0%.

El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo ajustado explica 99,6455% de la variabilidad en absorbancia. El coeficiente de correlación es igual a 0,998226, indicando una relación relativamente fuerte entre las variables. El error estándar del estimado indica que la desviación estándar de los residuos es 0,149442. Este valor puede usarse para construir límites de predicción para nuevas observaciones, seleccionando la opción de Pronósticos del menú de texto. El error absoluto medio (MAE) de 0,105381 es el valor promedio de los residuos. El estadístico de Durbin-Watson (DW) examina los residuos para determinar si hay alguna correlación significativa basada en el orden en el que se presentan en el archivo de datos. Puesto que el valor-P es mayor que 0,05, no hay indicación de una auto-correlación serial en los residuos con un nivel de confianza del 95,0%.

**Tabla 22.** Polifenoles totales en las especies vegetales de la investigación.

| Especie vegetal | Absorbancia | mg Ác gálico/g extracto seco |
|---|---|---|
| ***Maclura tinctoria*** | 0,700 | 65,3 |
| ***Juglans neotrópica*** | 0,519 | 48,0 |
| ***Justicia secunda Vahl.*** | 0,231 | 20,6 |
| ***Galium canescens*** | 0,142 | 12,1 |

Los resultados de la tabla 22 indican que todas las especies evaluadas contienen polifenoles. Según los valores obtenidos, la especie que presentó mayor contenido en su extracto metanólico Ext Me (65,3) mg. Ac Gálico/ g *Maclura tinctoria*, seguido *Juglans neotrópica* con valores de Ext Me (48,0) mg Ac. Gálico / g, *Justicia secunda Vahl* Ext Me (20,6) mg Ac.Gálico/g y por último *Galium canescens* con un contenido de Ext Me (12,1) mg Ac. Gálico/g.

Los polifenoles son efectivos donadores de hidrógenos. Su potencial como compuesto tintóreo depende del número y de la posición de los grupos hidroxilos y su conjugación, así como de la presencia de electrones donadores en el anillo estructural, debido a la capacidad que posee el grupo aromático de soportar el desapareamiento de electrones por desplazamiento del sistema de electrones-π ( Jurado Teixeira & Aparcana Ataurima, 2016)

Los grupos más representativos como colorantes naturales lo constituyen los compuestos fenólicos, al que pertenecen los flavonoides, antraquinonas, alcaloides, ácidos fenólicos y taninos. Según su estructura química los compuestos que son extraíbles con solventes polares en este caso metanol pueden considerarse dentro de estructuras simples como por ejemplo ácidos fenólicos que pueden encontrarse libres o esterificados, flavonoides y otras estructuras más complejas (Bechtold & Mussak, 2009).

Para la especie *Maclura tinctoria* el valor de fenoles totales 65,3 mg. Ac. Gálico/ g, puede atribuirse a los compuestos de tipo flavonoides, cuyos reportes en la literatura asocian el alto contenidos de polifenoles totales y actividad antioxidante a estructuras como Morina, además de realizar una comparación entre fenoles totales en diversas partes de la especie, obteniendo como resultado mayor cantidad en la corteza con un valor de 26±1 mg Ácido gálico / g Extracto seco, seguido de hojas con 18±1 mg Ácido gálico / g Extracto seco y por último tallos con 10 ±1 mg Ácido gálico / g Extracto seco. (Nikolaeva, y otros, 2014)

La especie *Justicia secunda Vahl* contiene 20,6 mg Ac. gálico/g, estos polifenoles se asocian con compuestos tipo flavonoides y posiblemente antocianinas, cuyos reportes en la literatura destacan análisis de extractos obtenidos de las hojas por HPLC-DAD con un 65% del área del pico de los compuestos tipo flavonas lo cual se confirma por otro análisis realizado por RMN (Resonancia magnética nuclear) en donde atribuyen compuestos como luteolina 7-O-(glucopyranosil-(1→2)-rhamnosyl)-(1→6) glucopyranósido y luteolina 7-O-[apiofuranosyl]-[1→2]-Xylopiranósido. (Koffi, y otros, 2013)

La contribución de compuestos polifenólicos para *Juglans neotrópica* 48,0 mg. Ac. Gálico/ g, está asociada a compuestos fenólicos como taninos principalmente, ya que la literatura reporta el ácido gálico, ácido tánico, quercetina y juglona como metabolitos secundarios propios de esta especie. Además se han encontrado análisis de polifenoles totales a través de Folin-Ciocalteu en extractos hidroalcohólicos, obteniendo 16,909±0,832 mg de ácido gálico/ g de extracto seco, lo cual relacionan este alto contenido a la actividad gastroprotectora. (Hurtado Manrique, 2014)

La contribución de polifenoles para *Galium canescens* 12,1 mg. Ac. Gálico/ g, *se* asocian a compuestos de tipo antraquinona como alizarina, munjistina, rubiadina y xantopurpurina (Devia Catillo & Cardale de Schrimpff, 2017) lo cual corresponde al análisis fitoquímico preliminar obteniendo pruebas positivas para nafto/antraquinonas y con lo reportado en la literatura.

## 8.4 TEÑIDO SOBRE ALGODÓN (FIBRAS CELULÓSICAS)

Se realizó el proceso de tinción empleando como colorante el extracto acuoso, con el fin de optimizar el respectivo proceso se llevaron a cabo diversos ensayos variando condiciones como el estado del material tintóreo, uso de mordientes y calentamiento, para determinar las condiciones óptimas en el teñido.

### 8.4.1 Ensayos de teñido

Con el propósito de determinar las condiciones más favorables para el teñido con cada especie, se realizaron pruebas (Tabla 23) modificando condiciones en el tratamiento previo de la fibra y en el desarrollo del teñido, como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 23.** Método de teñido para las cinco especies seleccionadas

| Método de teñido | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Especie | Parte utilizada | Sin mordiente | mordentado | temperatura | Relación peso(material textil/ material vegetal | Post-mordentado $Fe_{2(}SO_4)_3$ |
| *Justicia secunda* | Hojas frescas | Jss-01-1 | Jss-02-1 | 45°C | 1:6 | _____ |
| | Hojas frescas | Jss-01-2 | Jss-02-2 | 92°C | 1:6 | _____ |
| *Bocconia frutescens* | Corteza fresca | Bcf-01-1 | Bcf-02-1 | 20°C | 1:10 | _____ |
| | Corteza fresca | Bcf-01-2 | Bcf-02-2 | 60°C | 1:10 | _____ |
| | Corteza fresca | Bcf-01-3 | Bcf-02-3 | 92°C | 1:10 | _____ |
| *Maclura tinctoria* | Corteza seca | Mct-01 | Mct-02 | 92°C | 1:8 | Mct-01.03 |
| *Juglans neotrópica* | Frutos verdes | Jgn-01 | _____ | 92°C | 1:10 | Jgn-01.03 |
| *Galium canescens* | Raíces secas | Glc-01 | Glc-02 | 80°C | 1.2 | _____ |

** Todas las muestras con mordiente fueron analizadas por HPLC-DAD*

***Justicia secunda***

En la **figura 10 y 11**, se muestran los resultados del teñido en las muestras Jss-01-2 y Jss-02-2

Como se observa en la ***Figura 9 y 10,*** el teñido con hojas frescas produce variaciones de tonalidades violetas**,** las tonalidades resultantes de los ensayos con hojas frescas son similares entre si variando la intensidad del color entre fibras mordentadas y sin mordiente.

*Figura 9.* Ensayo de teñido para Jss-01-2

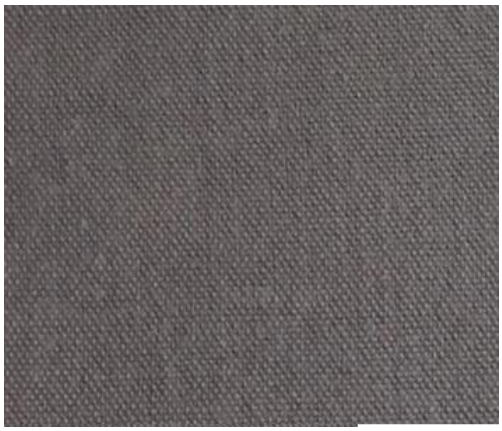


*Figura 10.* Ensayo de teñido para Jss-02-2

En la fibra teñida de la figura 10, Jss-01-2 se observa una menor intensidad del color, que en la figura 10, Jss-02-2, característica relacionada con la presencia del mordiente alumbre cuyos cationes de aluminio favorecen una mayor interacción de los grupos flavonoides y antocianos (**ver Tabla 7**) con la fibra.

La presencia de estos metabolitos se confirmó con el análisis fitoquímico preliminar y la cuantificación de polifenoles.

***Bocconia frutescens***

Estudios fitoquímicos anteriores indican que las estructuras de los principales metabolitos secundarios en *Bocconia frutescens* no contienen polifenoles (Xuelong , y otros, 2014). Por lo tanto, su capacidad tintórea que se puede observar en las figuras 11 y 12 se puede atribuir a los alcaloides de tipo cuaternario (**ver Tabla 4**). Se llevaron a cabo diferentes ensayos con material fresco variando la temperatura en el proceso de teñido como se indicó en la ***Tabla 23***. Pero observando los resultados obtenidos en la intensidad del color se seleccionaron las muestras que se muestran a continuación.

*Figura 11.* Ensayos de teñido de Bcf-01-3

Figura *12.* Ensayos de teñido de Bcf-02-3

Las mejores condiciones de teñido se obtuvieron en Bcf-02-3 como se muestra en la figura 13.

***Maclura tinctoria***

*Maclura tinctoria* es una especie rica en flavonoides, esto se puede comprobar con el análisis fitoquímico preliminar y en contenido de polifenoles (***Tabla 22*** ), en las figuras 13, 14 y 15 se muestran los ensayos de teñido con y sin mordiente.

*Figura 13.* Ensayo de teñido de Mct-01

*Figura 14.* Ensayo de teñido de Mct-02

*Figura 15.* Ensayo de teñido de Mct-01.03

Como se puede observar en las figuras 13 y 14 la intensidad del color en el ensayo del teñido Mct-02 es mayor que en Mct-01, que se atribuye al mordentado con alumbre cuya interacción colorante-ión metálico proporciona una mayor fijación de los compuestos colorantes en la fibra.

En la figura 15 se observa el resultado obtenido cuando se realiza un pos-mordentado de sulfato férrico, lo cual ocasiona un oscurecimiento debido a la interacción de los iones $Fe^{+3}$ con las partes fenólicas de las estructuras de moléculas colorantes.

***Juglans neotrópica***

Es una especie rica en compuestos de carácter tánico y Naftoquinonas entre se destacan acido gálico, ácido elágico, Juglona (***Tabla 5***).

*Figura 16.* Ensayos de teñido de Jgn-01

Figura *17.* Ensayos de teñido de Jgn-01.03

El teñido directo con la especie Jgn produce una coloración pardo corzo jgn-01. A diferencia de la anterior, al aplicar sulfato férrico se evidencia un oscurecimiento en la tonalidad del color original de Jgn-01.

***Galium canescens L.***

En la raíz de esta especie se han encontrado compuestos de tipo antraquinona responsables de la coloración rojiza de diversas intensidades (**Ver Tabla 8**), en las figuras 18 y 19 se observan los resultados en el teñido con las fibras mordentadas y sin mordentar

*Figura 18.* Ensayos de teñido de Glc-01

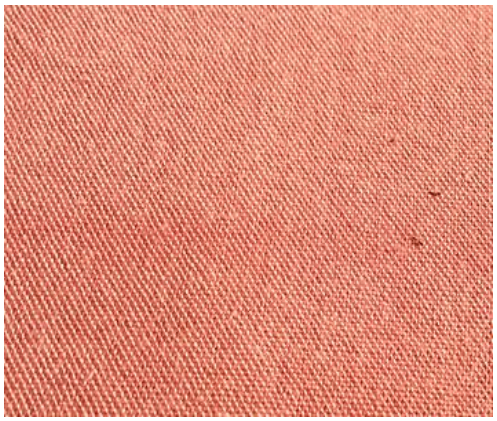


*Figura 19.* Ensayos de teñido de Glc-02

Como se observa en el teñido de Glc-01 se obtiene una coloración rojiza sin el empleo de mordiente que puede atribuirse a la interacción entre los grupos hidroxilos de la celulosa y los grupos fenólicos de las antraquinonas polihidroxiladas presentes en el extracto acuoso **(Ver Tabla 8)**. En el teñido de Glc-02 se evidencia una coloración con mayor intensidad que se explica a partir del proceso de mordentado, debido a la presencia del ión $Al^{+3}$ que actúa como puente entre las moléculas colorantes y la fibra celulósica, facilitando este proceso.

## 8.5 RELACIÓN DE LOS COMPUESTOS PRESENTES EN EL EXTRACTO DE LA SOLUCIÓN TINTÓREA Y EN EL EXTRACTO OBTENIDO DE LAS FIBRAS TEÑIDAS

En este caso se utilizó como método análisis e identificación HPLC-DAD, ver descripción del método en la sección 7.6 Análisis e identificación por HPLC-DAD, página 50.

En la identificación de los diferentes metabolitos responsables de la propiedad tintórea se utilizaron muestras de referencia grado HPLC, a continuación, se indican los tiempos de retención y sus abreviaturas utilizadas.

**Tabla 24.** Tiempos de retención tomados on-line de los compuestos utilizados como muestras de referencia.

| Nombre | Abreviatura | Tiempo de retención | Marca comercial |
|---|---|---|---|
| **Ácido elágico** | ae | 2,8 | Merck |
| **Ácido gálico** | ag | 4,12 | Merck |
| **Morina** | Mrn | 13,10 | Merck |
| **Maclurina** | Mcl | 13,10 | EXTRASYNTHESE |
| **Juglona** | Jgl | 17,30 | Phytolab |
| **Luteolina** | Lut | 20,77 | AK Scientific, Inc. |
| **Apigenina** | Apg | 22,44 | AK Scientific, Inc. |
| **Alizarina** | Alz | 30,27 | Toronto Research Chemicals Inc. |
| **Purpurina** | pur | 37,96 | Toronto Research Chemicals Inc. |

Se muestran los cromatogramas por el método de HPLC-DAD, correspondientes a cada una de las especies seleccionadas. Como criterio para la asignación de los compuestos se utiliza el tiempo de retención y el espectro UV-vis de las muestras de referencia. Se realizó el análisis en paralelo entre la solución tintórea y el extracto obtenido de las fibras teñidas.

8.5.1 *Justicia secunda Valh* (Jss)

Se muestran los cromatogramas leídos a 350 nm y 500 nm con el método de HPLC-DAD, correspondiente a la especie *Justicia secunda*. Para la solución tintórea (Jss-sln) y para el extracto obtenido de las fibras teñidas del tejido teñido (Jss-02-2).

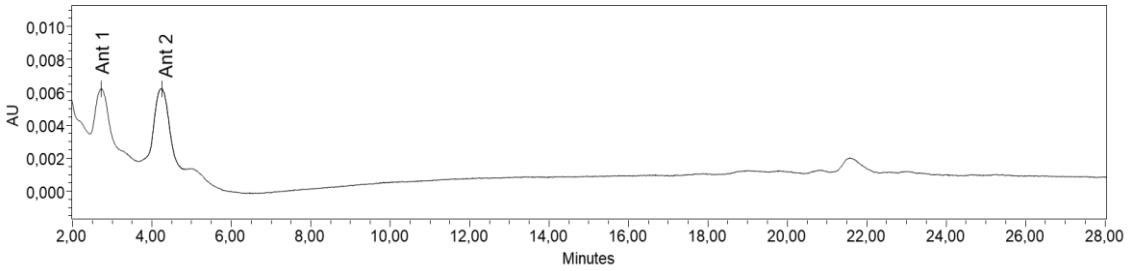
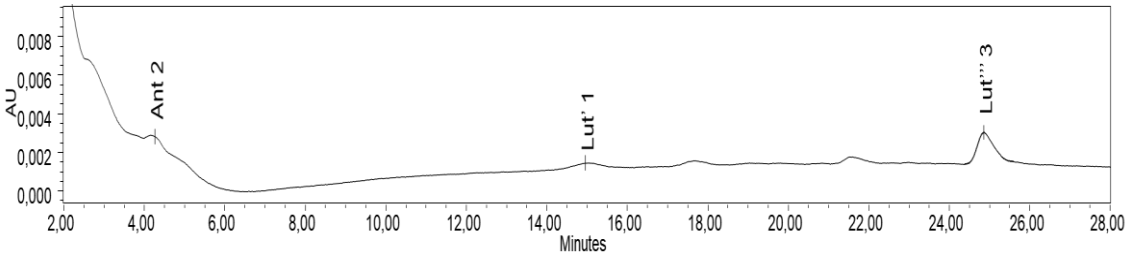
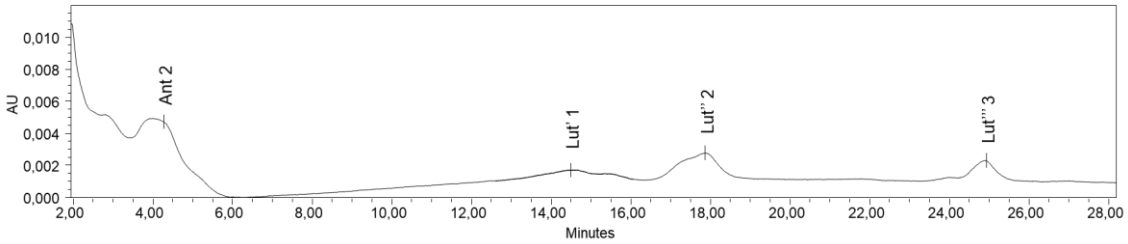
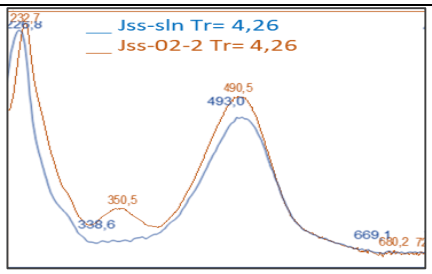
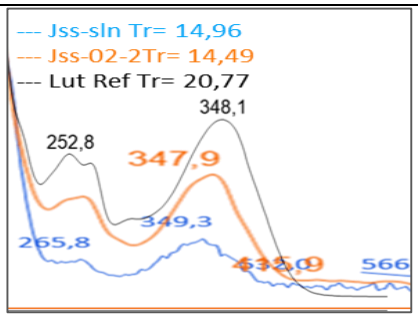
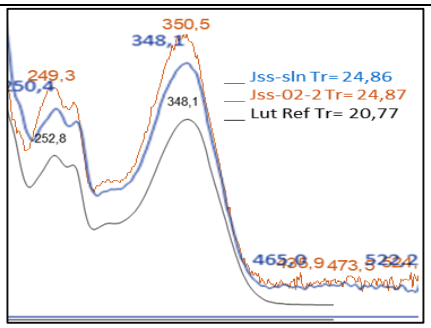
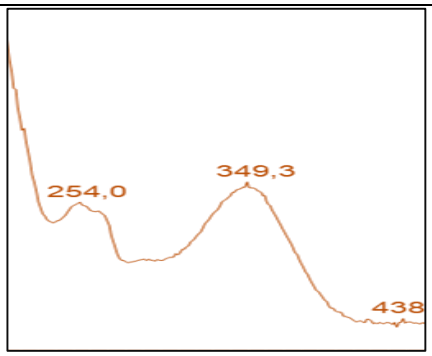
| Solución tintórea y teñido de Jss-02-2 | |
|---|---|
| **λ (nm)** | **Cromatograma** |
| 500 | **Solucion tinctorea**   |
| 350 |   |
| 350 | **Teñido**   |

*Figura 20.* Cromatogramas leídos a 350 y 500 nm de la solución tintórea y teñido de Jss-02. HPLC-DAD

**Tabla 25.** Compuestos y espectros UV-vis leídos a 350 y 500 nm de solución tintórea y teñido de Jss-02-2. HPLC-DAD

| Solución tintórea y teñido de Jss-02-2 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Abreviatura** | **Compuesto** | **Sln tintórea Jss %A** | **Tenido Jss-02-2 %A** | **Espectro** |
| Ant 2 | Antociano | 32,20 | 46,20 |  |
| Lut' 1 | Luteolina' 1 | 16,33 | 23,77 |  |
| Lut''' 3 | Luteolina''' 3 | 51,48 | 11,20 |  |
| Lut'' 2 | Luteolina'' 2 | _____ | 18,84 |  |

Como se observa en el Cromatograma de la solución tintórea leído a 500 nm se identificaron dos posibles antocianos con absorbancias por debajo de las indicadas en la literatura (Koffi, y otros, 2013), posiblemente a que se encuentran acompañados de otras estructuras que ocasionan movimientos hipsocromicos, fueron denominados como: Ant1 con Tr=2,73 min y Ant2 con Tr= 4,23 min. En el Cromatograma leído a 350 nm se observó un antociano descrito anteriormente, la presencia de un posible derivado de la luteolina denominado como Lut'1 con Tr=14,96 y Lut'''3 con Tr=24,86. La lectura a 500 nm de la solución tintórea se realizó por la absorbancia de los antocianos a una longitud de onda UV muy aguda

Para el Cromatograma de teñido tomado a 350 nm se identificó un posible antociano denominado como Ant2 con Tr= 4,27, además se identificaron tres posibles derivados de la luteolina designados como lut'1 con Tr= 14,66, lut''2 con Tr= 17,87, por sus tiempos de retención menores al patrón de luteolina (lut Tr= 20,77) se puede indicar que probablemente son derivados glucosilados y lut'''3 con Tr= 24,87, con características de polaridad diferentes a la luteolina.

Al comparar el Cromatograma de la solución tintórea y del teñido se puede establecer que en ambos se observan los mismos compuestos a excepción del compuesto lut''2, que solo se identificó en el teñido y del compuesto Ant 1 identificado en la solución tintórea.

El compuesto con mayor contribución en la coloración en el teñido es el Ant 2 con 46,20% de área relativa, seguido del lut'1 con 23,77% de área relativa, posteriormente lut''2 18,84% y lut'''3 11,20%. En la solución tintórea el mayor aportante a la coloración es lut'''3 con 51, 48% de área relativa, seguido del Ant 2 con 32,20% y Dlut 1 con 16,33%.

### 8.5.2 *Bocconia frutescens L. (Bcf)*

Se muestran los cromatogramas leídos a 350 nm mediante el método de HPLC-DAD, correspondiente a la especie *Bocconia Frutescens.* Para la solución tintórea (Bcf-sln) y para el extracto obtenido de las fibras teñidas del tejido teñido (Bcf-02-3).

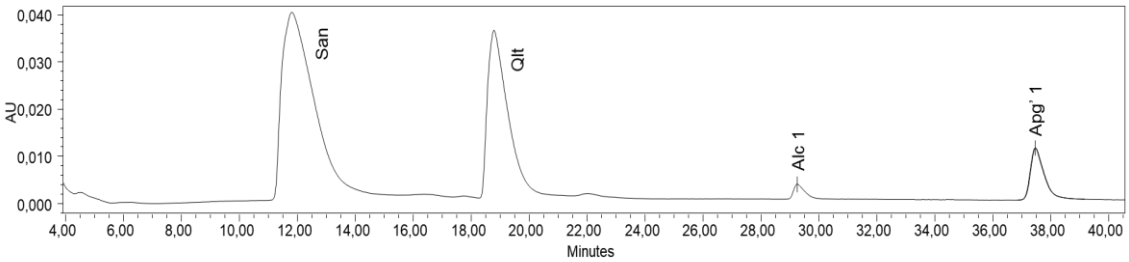
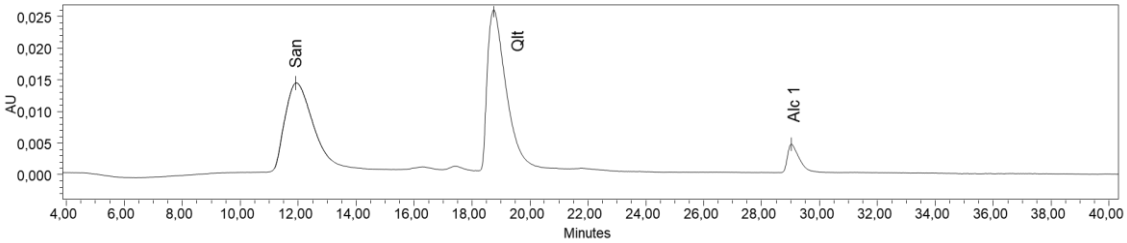
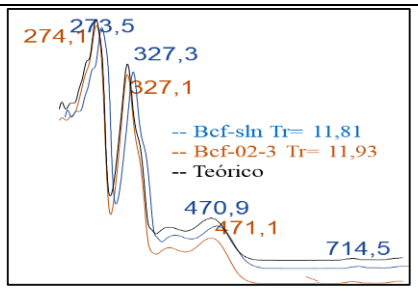
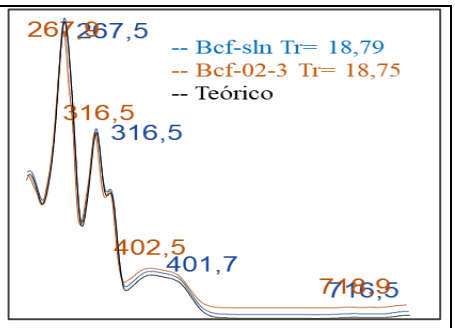
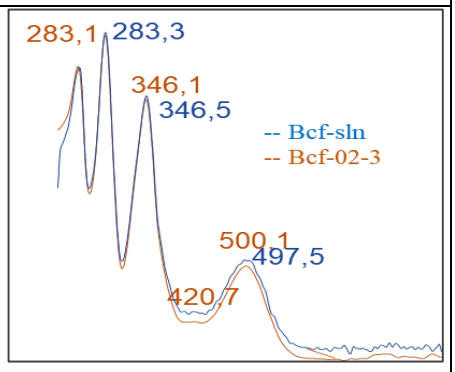
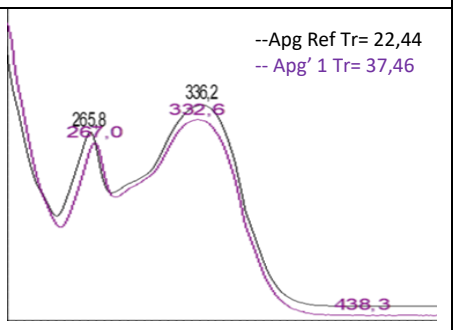
| Solución tintórea y teñido de Bcf-02-3 | |
|---|---|
| **λ (nm)** | **Cromatograma** |
| **350** | **Solución tintórea**   |
| **350** | **Teñido**   |

*Figura 21***.** Cromatogramas leídos a 350 nm de la solución tintórea y teñido de Bcf-02-3. HPLC-DAD

**Tabla 26.** Compuestos y espectros UV-vis leídos a 350 nm de la solución tintórea y del teñido de Bcf-02-3. HPLC-DAD

| Solución tintórea y teñido de Bcf-02-3 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Abreviatura** | **Compuesto** | **Sln tintórea Bcf %A** | **Tenido Bcf-02-3 %A** | **Espectro** |
| San | Sanguinarina | 60,86 | 42,51 |   |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Qlt | Queleritrina | 31,43 | 55,22 |  |
| Alc 1 | Alcaloide 1 | 1,21 | 2,27 |  |
| Apg' 1 | Apigenina' 1 | 6,50 | _____ |  |

Como se indica en el Cromatograma leído a 350 nm de la solución tintórea se identificaron dos compuestos de tipo alcaloidal mencionados en la literatura para esta especie (Wiedhopf, 1972) que fueron tomados como referencia para la identificación. Los cuales fueron denominados como: San con Tr= 11,81, Qlt con Tr= 18,79, Alc1 con Tr= 29,26; hasta el momento desconocido y Apg'1 con Tr= 37,46; probablemente un posible derivado de la apigenina no glucosilado con propiedades de polaridad diferentes debido a su tiempo de retención muy por encima del patrón (Apg Tr= 22,44). Estos compuestos también fueron identificados en el teñido excepto el posible derivado de la apigenina.

Comparando el porcentaje de los compuestos identificados tanto en el teñido como en la solución tintórea se observa un cambio en su porcentaje de área, como se puede observar, el compuesto

San con un 60,86% de área relativa constituye su mayor aportación al color se la solución tintórea; precedido de Cle con un 31,43%, Apg'1 6,50 y Alc 1 con un 1,21%. El aporte del color al teñido se encuentra en una mayor proporción dado por el compuesto Cle con 55,22% de área relativa precedido de San con 42,51% y finalizando con Alc 1 con 2,7%. El compuesto Qlt por sus grupos metoxilos genera una mayor afinidad para interactuar con los iones aluminio del mordiente que se encuentran interactuando con las fibras celulósicas del tejido.

### 8.5.3 *Maclura tinctoria* L. (Mct)

Se muestran los cromatogramas leídos a 252 nm y 360 nm mediante el método de HPLC-DAD, correspondiente a la especie *Maclura tinctoria*. Para la solución tintórea (Mct-sln) y para el extracto obtenido de las fibras teñidas del tejido teñido (Mct-02).

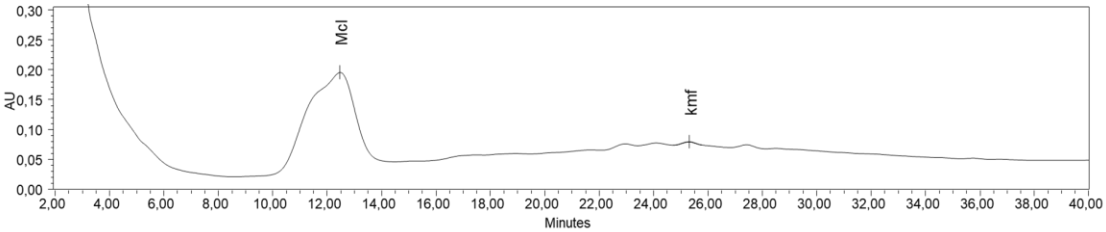
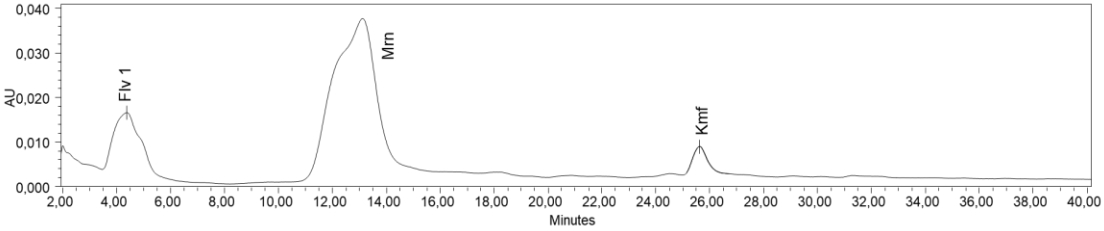
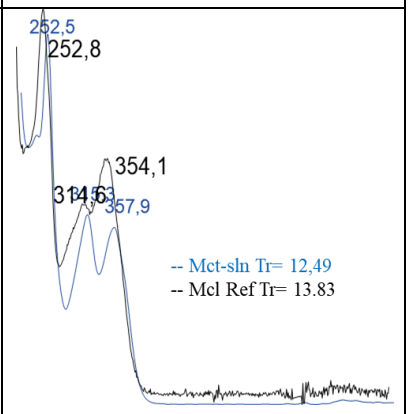
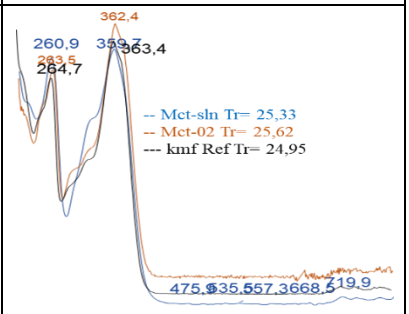
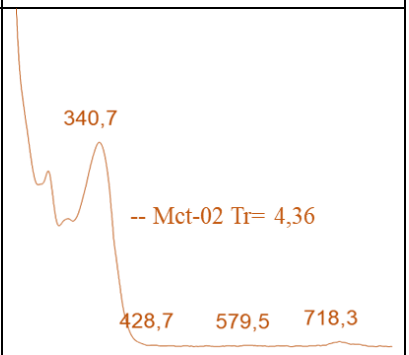
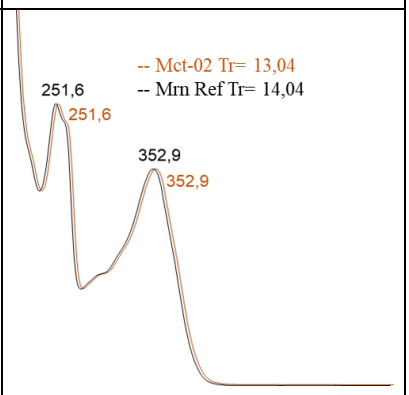
| **Solución tintórea y teñido de Mct-02** | |
|---|---|
| **λ (nm)** | **Cromatograma** |
| **252** | **Solución tintórea**   |
| **360** | **Teñido**   |

*Figura 22.* Cromatogramas leídos a y 252 nm y 360 nm de la solución tintórea y teñido de Mct-02. HPLC-DAD.

**Tabla 27.** Compuestos y espectros UV-vis leídos a 252 y 360 nm de la solución tintórea y teñido de Mct-02. HPLC-DAD

| Solución tintórea y teñido de Mct-02 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Abreviatura** | **Compuesto** | **Sln tintórea Mct %A** | **Tenido Mct-02 %A** | **Espectro** |
| Mac | Maclurina | 62,29 | _____ |  |
| Kmf | Kaempferol | 37,71 | 4,93 |  |
| Flv 1 | Flavonoide 1 | _____ | 18,17 |  |
| Mor | Morina | _____ | 76,89 |  |

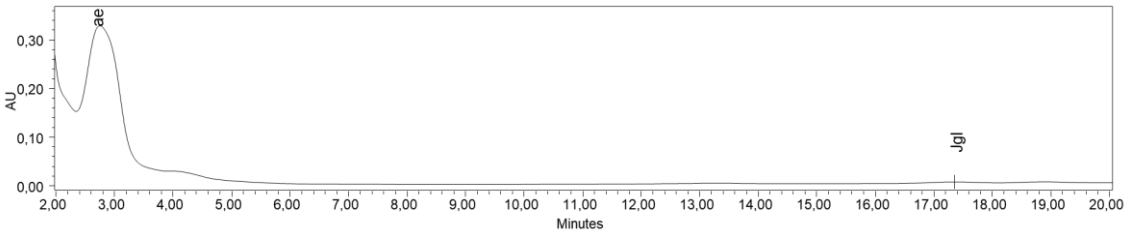
Como se indica en Cromatograma de la solución tintórea leído a 252 nm se identificaron dos compuestos denominados como: Mcl con Tr= 12,627 min y Kmf con Tr= 25,312. En el Cromatograma del teñido se identificaron cuatro compuestos denominados como: Flv 1 con Tr= 4,37 posiblemente un flavonoide por su absorción en el UV, Mrn con Tr= 13.04 min, mismo tiempo identificado para la Mcl lo que indica que estos dos compuestos coeluyen conjuntamente lo que proporcionan mayor absorbancia que los otro respectivos compuestos y Kmf con Tr= 25,62 min.

Como se observa el compuesto con mayor aporte a la propiedad tintórea en la solución es la Mcl con 62,29% de área relativa precedido por Kmf con 37,71%. En el teñido esta proporción se sigue manteniendo para el compuesto Mrn con 76,89% de área relativa, precedido por Flv 1 con 18,175% y en menor proporción Kmf con 4,93%.

Posiblemente existe una mayor afinidad de los compuestos Mcl y Mrn por el ion aluminio del mordiente que genera una interacción mucho más fuerte con los grupos hidroxilos de las fibras celulósicas del tejido teñido.

### 8.5.4 *Juglans neotrópica Diels.* (Jgn)

Se muestran los cromatogramas leídos a 250 nm mediante el método de HPLC-DAD, correspondiente a la especie *Junglas neotrópica.* Para la solución tintórea (Jgn-sln) y para el extracto obtenido de las fibras teñidas del tejido teñido (Jgn-01).

| **Solución tintórea y teñido de Jgn-01** | |
|---|---|
| **λ (nm)** | **Cromatograma** |
| 250 | **Solución tintórea**   |
| | **Teñido** |

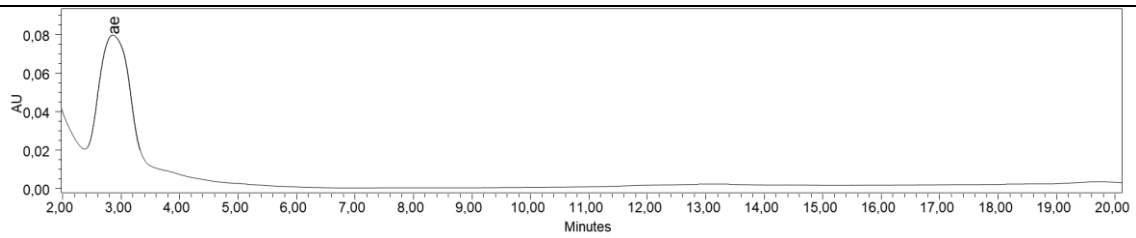
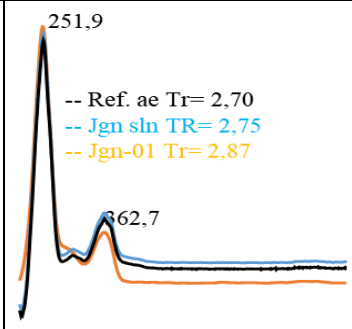
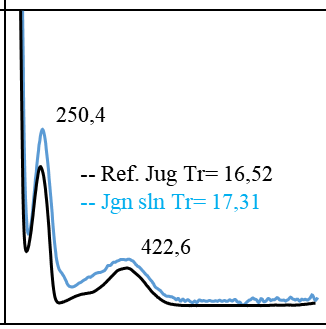
| | |
|---|---|
| 250 |   |

*Figura 23.* Cromatogramas leídos a 250nm de la solución tintórea y teñido de Jgn-01. HPLC-DAD

**Tabla 28.** Compuestos y espectros UV-vis leídos 250 nm de la solución tintórea y teñido de Jgn-01. HPLC-DAD

| **Solución tintórea y teñido de Jgn-01** | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Abreviatura** | **Compuesto** | **Sln tintórea Jgn %A** | **Tenido Jgn-01 %A** | **Espectro** |
| ae | Ácido elágico | 68,51 | 100 |   |
| Jug | Juglona | 31,49 | _____ |   |

Se observa en el Cromatograma de la solución tintórea leído a 250 nm la identificación de dos compuestos denominados como: ea con Tr= 2,75 min y Jug con Tr= 17,31 min. El Cromatograma del teñido únicamente se identificó el compuesto denominado ea con Tr= 2,87 min.

El compuesto que aporta en mayor proporción a la coloración en la solución tintórea es el ea con un 68,51% de área relativa aproximada, seguido de la juglona con 31,49%. Comparando la concentración en el cromatograma de la fibra teñida se evidencia que el aporte a la propiedad

tintórea total es por parte del compuesto ea con un porcentaje de área relativa de 100%, lo indica que el compuesto Jug posiblemente sufrió un proceso de degradación o su concentración se encontraba en una cantidad mínima.

8.5.5 *Galium canescens* L. (Glc)

Se muestran los cromatogramas leídos a 430 nm mediante el método de HPLC-DAD, correspondiente a la especie *Galium canescens.* Para la solución tintórea (Glc-sln) y para el extracto obtenido de las fibras teñidas del tejido teñido (Glc-02).

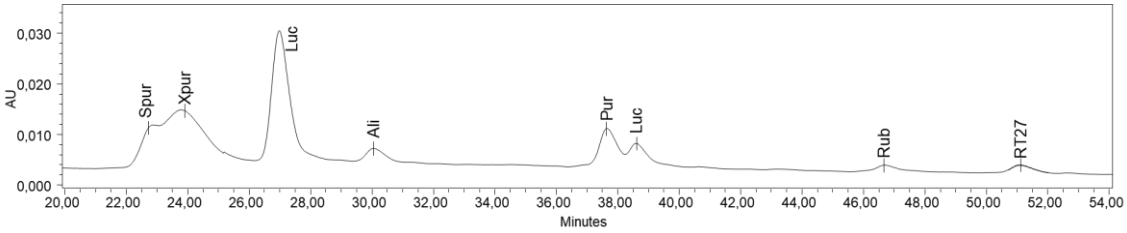
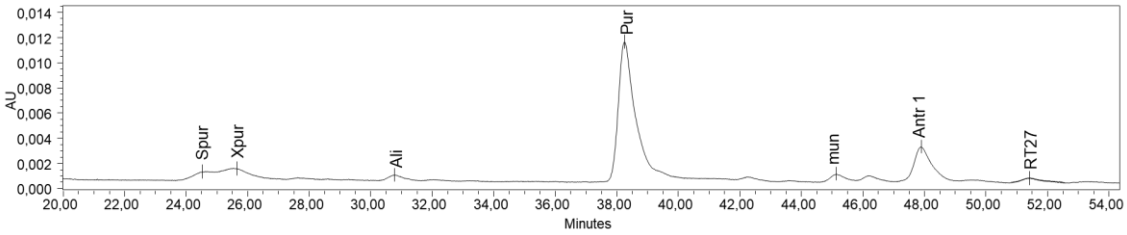
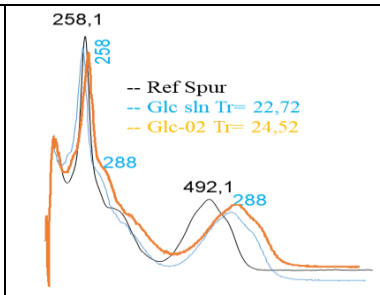
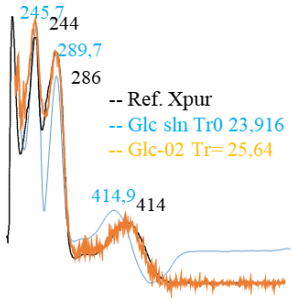
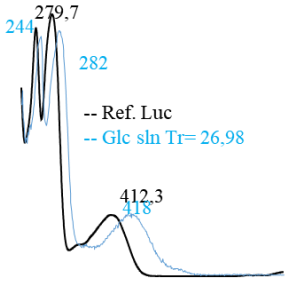
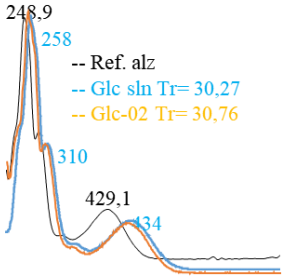
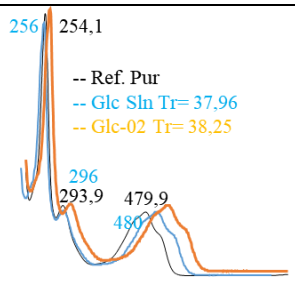
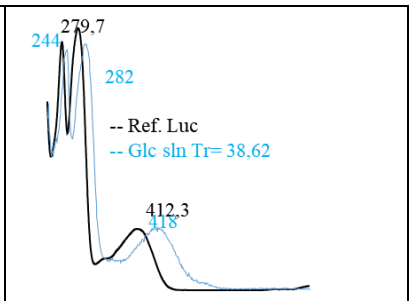
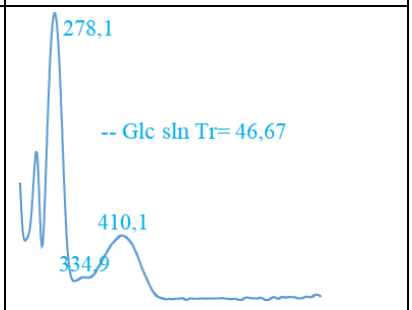
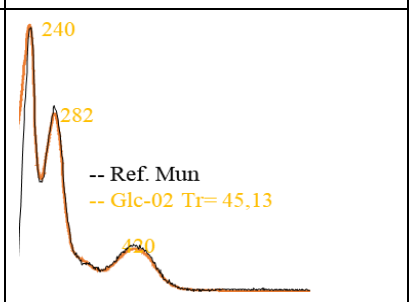
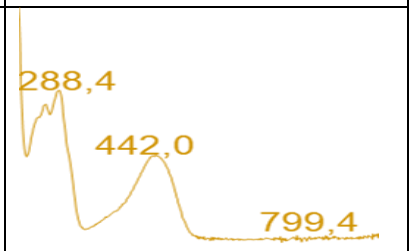
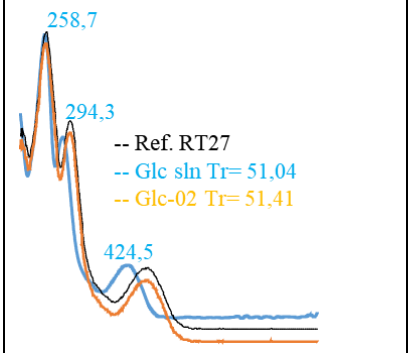
| **Solución tintórea y teñido de Glc-02** | |
|---|---|
| **λ (nm)** | **Cromatograma** |
| 430 | **Solución tintórea**   |
| 430 | **Teñido**   |

*Figura 24.* Cromatogramas leídos a 430 nm de la solución tintórea y teñido de Glc-02. HPLC-DAD

**Tabla 29.** Compuestos y espectros UV-vis leídos a 430nm de la solución tintórea y teñido de Glc-02. HPLC-DAD

| **Solución tintórea y teñido de Glc-02** | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Abreviatura** | **Compuesto** | **Sln tintórea Glc %A** | **Tenido Glc-02 %A** | **Espectro** |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Spur | Seudopurpurina | 1,88 | 1,21 |  |
| Xpur | Xantopurpurina | 15.54 | 2,97 |  |
| Luc | Lucidina | 56,16 | _____ |  |
| Alz | Alizarina | 5,22 | 2,63 |  |
| Pur | Purpurina | 10,21 | 74,03 |  |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Luc’ | Lucidina’ | 4,48 | _____ |  |
| Rub | Rubiadina | 2,46 | _____ |  |
| Mun | Munjistina | _____ | 2,45 |  |
| Antr 1 | Antraquinona 1 | _____ | 14,06 |  |
| RT27 | RT27 | 4,06 | 2,65 |  |

En el Cromatograma de la solución tintórea leído a 430 nm se identificaron diferentes antraquinonas denominadas como: Spur con Tr= 22,72; Xpur con Tr= 23,91; Luc con Tr= 26,98;

Alz con Tr= 30,27; Pur con Tr= 37,96; Luc con Tr= 38,62; Rub con Tr= 46,62 y RT27 con Tr= 51,04.

En el Cromatograma del teñido leído a la misma longitud de la solución tintórea se identificaron los compuestos: Spur con Tr= 24,52; Xpur Tr= 25,64; Alz con Tr= 30,76; Pur con Tr= 38,25; Mun con Tr= 45, 13; Antr 1 con Tr= 47,90 y RT27 con Tr= 51,41.

Comparando los cromatogramas de la solución tintórea y del teñido se evidencia una equivalencia en los compuestos. A excepción de la lucidina que solamente se encuentra en la solución tintórea. La munjistina y una antraquinona desconocida que solo se identificaron en el teñido.

Los compuestos que aportan en mayor medida la propiedad tintórea a la solución tintórea son la lucidina con un 56,16% de área relativa aproximada, xantopurpurina con 15,54% y purpurina con 10,21%. En menor medida Spur con 1,88%, alizarina 5,22%, Rubiadina con 2,46% y RT27 con 4,06%.

Estas áreas relativas varían en el teñido, aportando en mayor proporción a la coloración en el teñido la Purpurina con 74,03% y la Antr 1 con 14,06%, en proporción más baja están Spur con 1,21%; Xpur con 2,97%; Alz con 2,63%; Mun con 2,45% y RT27 con 2,65%.

## 8.6 FICHA TÉCNICA DE ESPECIES COLORANTES

### *Justicia secunda Valh*

Esta especie de nombre científico *Justicia secunda Valh* es conocida mediante los nombres comunes de "la hoja de la vida", "singamochilla", "cascajera", "insulina", "sanguinaria", "curatodo", "canilla de pollo", entre otros (Zambrano, 2017), es una de las fuentes de colorantes utilizadas por la comunidad indígena Zenú, para el teñido de material textil, primordialmente sobre materiales de caña flecha (*Gynerium sagittatum*), de la cual se adquieren coloraciones moradas, rojizas y azules (Trueba Sánchez, 2009).

En la ***Tabla 30*** se presenta la descripción taxonómica de la especie.

*Figura 25.* Hojas y flores de Justicia secunda Valh.

**Tabla 30.** Descripción taxonómica de la especie Justicia secunda Valh. Tomado de: (Universidad Nacional de Colombia, 2012).

| **Nombre científico** | ***Justicia secunda valh*** |
|---|---|
| **Nombre común** | Insulina, sanguinaria |
| **Filo** | Magnoliophyta |
| **Clase** | Magnoliopsida |
| **Orden** | Scrophulariales |
| **Familia** | Acanthaceae |

***Descripción botánica***

Se caracteriza por ser una hierba de 0,5-1m de alto con tallos erectos subcilíndricos, de hojas simples, opuestas de láminas lanceoladas, 6-13 x 1,5-3 cm, foliáceas, base obtusa, ápice acuminado y sus flores se caracterizan por tener peciolos 1-3 mm; brácteas florales lineal-filiformes, cada 2 mm; cáliz de 5 sépalos de color púrpura suave, con dos estambres y el fruto se encuentra en cápsula. (Garcia B. , 2015)

***Distribución geográfica***

Es una planta herbácea nativa tropical, originaria de América del Sur, y se encuentra distribuida en el neotrópico en países como Barbados, Antillas Neerlandesas, Trinidad y Tobago; Islas

Vírgenes (EE.UU.), Panamá, Guayana Francesa, Guyana, Surinam, Venezuela, Ecuador y Colombia. Crece entre los 1200 y 2600 msnm, en diferentes tipos de ecosistemas generalmente en los bosques húmedos, también puede ser encontrada en ambientes semiáridos. En Colombia se ha reportado esta especie en los departamentos de Cundinamarca y Tolima. A continuación, en la *figura 25* se indica el mapa con la distribución para esta especie.

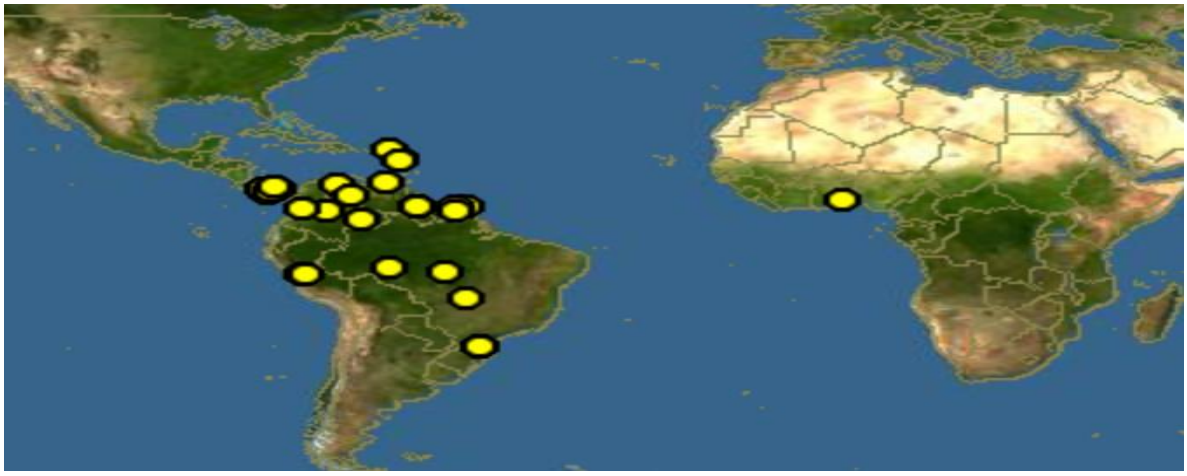


*Figura 26.* Mapa de distribución geográfica de la especie *Justicia secunda* Vahl. Los puntos amarillos indican la distribución de la especie Justicia secunda Vahl. Tomado de: (Systematic Mycology and Microbiology laboratory, 2011).

***Estudios químicos, biológicos y usos etnobotánicos***

Dentro de la revisión bibliográfica realizada se encontraron metabolitos secundarios como: alcaloides, lignanos, flavonoides (Flavonas como luteolina), leuco-antocianidinas, antocianidinas y terpenoides (diterpenoides y triterpenoides). Otros compuestos han sido aislados de especies de *Justicia*, tales como aceites esenciales, vitaminas, ácidos grasos (ácido docosanoico), y ácido salicílico. Los lignanos son los principales componentes de los extractos activos de las especies de *Justicia*, exhibiendo importantes propiedades farmacológicas, tales como antiviral, antitumoral, anti-inflamatorio, y las actividades de agregación anti-plaquetarios (Garcia B. , 2015).

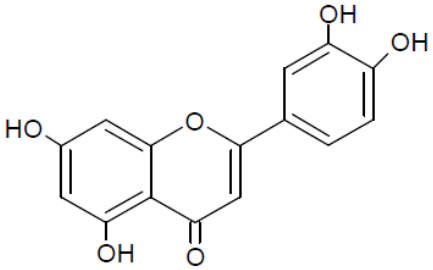



*Figura 27.* Estructura de la 2-(3,4-Dihidroxifenil)- 5,7-dihidroxi-4-cromenona (Garcia B. e., 2015)

Se ha encontrado una fuerte actividad antioxidante y de eliminación de radicales libres. Así mismo una fuerte actividad de tipo antinflamatorio y propiedades anticonceptivas (Onoja, 2016).

Dentro de los usos etnobotánicos se encuentra la obtención de colorante azul y morado a partir de las hojas y tallos al ser macerados previamente, especies de este mismo género han sido documentadas por su uso como colorante durante la época colonial y prehispánica entre grupos de Mesoamérica como huastecos, mayas y náhualts (Trueba, ResearchGate, 2008).

***Juglans neotrópica Diels***

Es una especie que tiene sus orígenes en América del Sur. De nombre científico J*uglans neotrópica Diels* y conocido mediante los nombre comunes de “nogal”, “tocte” en ecuador y Perú, “cedro negro”, “nogal bogotano” en Colombia. Esta es una de las fuentes de colorantes utilizadas por las comunidades de Rumira, Chupani en Cusco Perú y por la comunidad de los pastos en Nariño Colombia. Del cual se extraen coloraciones café y negras. En la ***Tabla 25*** se presenta la descripción taxonómica de la especie.

*Figura 28.* Hojas y frutos de junglas neotrópica Diels. Tomado de (Fajardo Gutiérrez, 2017)

**Tabla 31.** Descripción taxonómica de la especie Juglans neotrópica Diels. Tomado de: (Universidad Nacional de Colombia, 2012).

| **Nombre científico** | ***Juglans neotropica Diels*** |
|---|---|
| **Nombre común** | *Nogal, tocte* |
| **Filo** | *Tracheophyta* |
| **Clase** | *Magnoliopsida* |
| **Orden** | *Juglandales* |
| **Familia** | *Juglandaceae* |

***Descripción botánica***

Árbol de hasta 35 m de altura y de 30 cm a 120 cm de diámetro, corteza dura y oscura. El tronco llega a medir hasta 7m de diámetro con hojas compuestas imparipinnadas; foliolos redondeados o subcordados en la base; flores estaminadas, con 60-85 estambres y el fruto es drupáceo. (Torres Romero, 1983)

***Distribución geográfica***

El nogal (*Juglans neotrópica*) es nativo en Ecuador, Colombia, Perú y Bolivia en América del Sur. Su distribución altitudinal varía de 1000 a 3000 msnm, con precipitaciones anuales de 800 a 2000 mm y temperaturas de 12 a 18 °C. Se encuentra en suelos profundos, de textura franca a franca arenosa, bien drenados y pH de neutro a ácido; no tolera suelos calcáreos, fríos intensos ni heladas. Los árboles se encuentran a lo largo de los cauces de ríos y en bordes de bosques en donde se regeneran adecuadamente. (Masias, 2007), (Valverde, 2016)

*Figura 29.* Mapa de distribución geográfica de Juglans neotrópica Diels. Los puntos amarillos indican la distribución de la especie Juglans neotrópica Diels. Tomado de: (Global Biodiversity Information Faciliry, 2011)

***Estudios químicos, biológicos y usos etnobotánicos***

Dentro de la revisión bibliográfica realizada, se han encontrado metabolitos secundarios pertenecientes a esta especie, principalmente se ha identificado en las semillas, compuestos fenólicos: ácido gálico, ácido elágico, ácido caféico y taninos. En las hojas, se identificaron nueve compuestos fenólicos: tres derivados del ácido hidroxicinámico y seis heterósidos flavonoides. (UNAM, 2009)

El fruto posee quinonas juglona y 1,4-naftaquinona, y en el epicarpio se ha detectado el compuesto currumicidín de estructura desconocida. En la corteza del tallo se han identificado quinonas juglona y regiolona; triterpenos betulina y ácido betulínico; esterol, beta-sitosterol; alcaloide de isoquinolina berberina; el flavonoide catequina; y el compuesto fenólico ácido caféico. La corteza de la raíz contiene quinonas; juglona, 3-3'-bis-juglona, ciclo-tri-juglona y β-sitosterol. En el polen se ha detectado el flavonoide 3-o-glucosil-galactósido-quercetina, y en la semilla el alcaloide indólico 5-hidroxi-triptamina. (UNAM, 2009)

Sobre todo la juglona (hidroxi-5-naftoquinona 1-4), que se obtiene por oxidación de la hidrojuglona con propiedades antisépticas, antifúngicas, antidermatósicas y cicatrizantes. (Quiroz, 2013). También se ha demostrado una excelente capacidad antioxidante y antidiabética

*in vitro* a una concentración de 2000 µg/mL y también, una buena actividad hipoglicemiante *in vivo* a una concentración de 250 mg/kg. (Aranda, 2017)

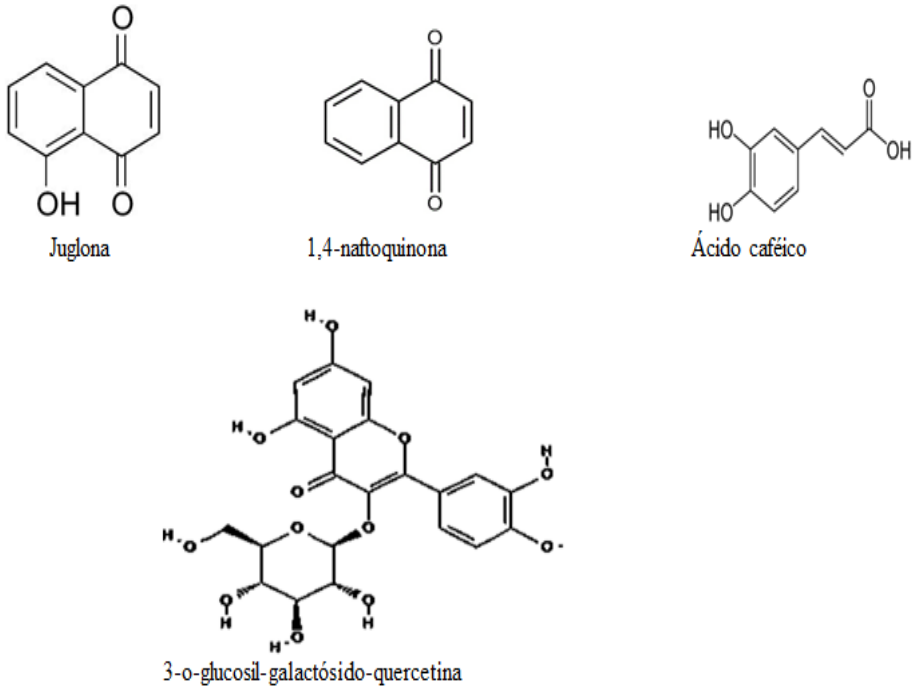



*Figura 30.* Estructuras representativas de Juglans neotrópica Diels.

Los campesinos peruanos están utilizando el macerado de las hojas para utilizarlo como insecticida en el control de los áfidos. (Ortega, 2006)

Las semillas se usan como condimentos, bebidas, obtención de vinagres y en medicina se utilizan las hojas y flores en forma de cataplasmas calientes contra el reumatismo y dolores musculares e hinchazones. También las hojas sobre la piel sirven como repelente de insectos. (Rodriguez, 1994)

El nogal presenta una madera muy fina, de excelente calidad y cualidades decorativas, la cual se usa en mueblería fina, ebanistería y artesanía. La corteza, al contener elevadas cantidades de taninos y colorantes e se utiliza para curtiembre por la coloración café. Los frutos en estado inmaduro se utilizan para teñir lana de coloración verde, en estado intermedio café y cuando están maduros se tiñe de coloración negra. También se utiliza para teñir fieltro para la elaboración de sombreros (Torres Romero, 1983).

***Bocconia Frutescens***

Esta especie se conoce comúnmente en Colombia como trompeto o tabaquillo, en Cuba como Palo amarillo y en México como llora sangre, pertenece a una familia de plantas perteneciente a la familia Papaveraceae, que se caracterizan por el contenido de alcaloides.

*Figura 31.* Bocconia Frutescens encontrado en Monserrate-Bogotá.

**Tabla 32.** Descripción taxonómica de la especie Bocconia Frutescens. Tomado de: (Universidad Nacional de Colombia, 2012).

| ***Nombre científico*** | ***Bocconia frutescens*** |
|---|---|
| **Nombre común** | *Trompeto, llora sangre* |
| **Filo** | *Spermatophyta* |
| **Clase** | *Dicotyledonae* |
| **Orden** | *Papaverales* |
| **Familia** | *Papaveraceae* |

***Descripción botánica***

Son árboles subleñosos de aproximadamente 5 m de altura y pueden llegar a alcanzar los 10 m, de tallo huevo y raíces amarillas; hojas granes, alternas, lobuladas o palmeadas, cuneadas en la base; con inflorescencias en racimos péndulos, flores con cáliz de 2 sépalos caducos con 8-24 estambres y frutos elipsoides; semillas con arilo parcial, rojo-amarillento (Torres Romero, 1983).

***Distribución geográfica***

*B. frutescens* tiene una amplia distribución nativa de América Central y del Sur y las Indias Occidentales, se encuentra también en los bosques secos de la isla de Maui y en los bosques de Hawái, EE. UU. En la isla reunión y nueva Zelanda. (Chimera, 2018). En Colombia se encuentra distribuida en las tres cordilleras; en el departamento de Cundinamarca se observa en la parte alta de los cerros y lomeríos de los municipios que comprenden la Sabana de Bogotá y en el flanco occidental de la cordillera Oriental, también se encuentra de forma cultivada, en la Sabana de Bogotá, (Rodríguez, 2015).

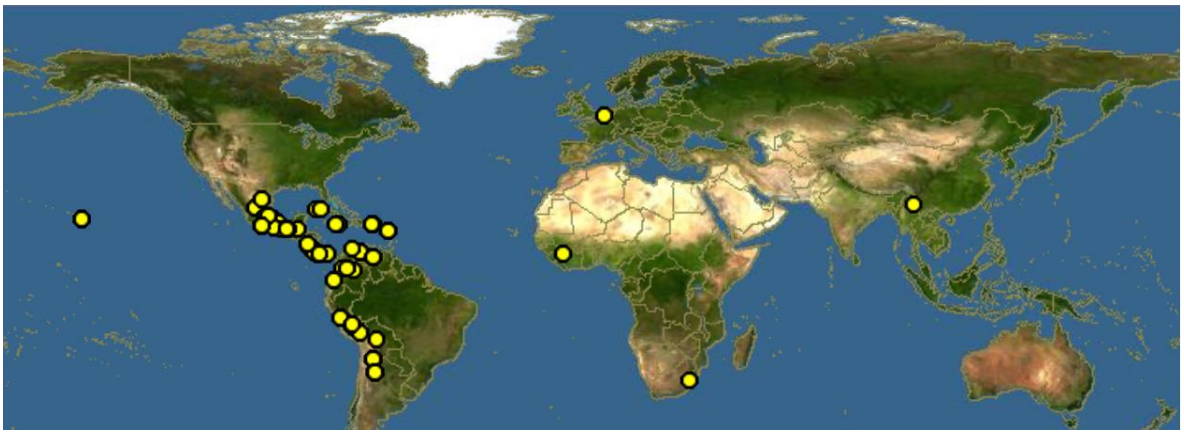


*Figura 32.* Mapa de distribución geográfica de la especie *Bocconia Frutescens L.* Los puntos amarillos indican la distribución de la especie Bocconia Frutescens L. Tomado de: (Systematic Mycology and Microbiology Laboratory, 2011).

***Estudios químicos, biológicos y usos etnobotánicos***

De la revisión bibliográfica llevada a cabo se ha encontrado para la especie *B Frutescens* metabolitos secundarios de carácter alcaloidal, dentro de los cuales se encuentra tres tipos estructuralmente muy relacionados: Benzofenantridínicos, Protoberberidínicos y tipo Protopinas, entre los cuales se destacan los que son catiónicos: Chelerythrine y sanguinarine (Tipo benzofenantridínico ) y berberidina (Tipo protoberberidínico), este último al cual se le ha demostrado mediante evaluaciones in vivo e in vitro, sensible actividad antimicrobiana, antiviral, antifúngica, antihelmíntica y amebicida. (Bolaños Rivera, 2009)

Así mismo se han identificado alcaloides derivados de la estructura de la Chelerythrine y sanguinarine; dentro de los cuales esta Dihydrosanguinarine, Dihydrochelerythrine,

Oxysanguinarine, Oxychelerythrine, Allocryptopine, 11-Methoxychelerythrine, 11-Ethoxychelerythrine, 11-N-Propoxychelcrythrine. (Wiedhopf, 1972)

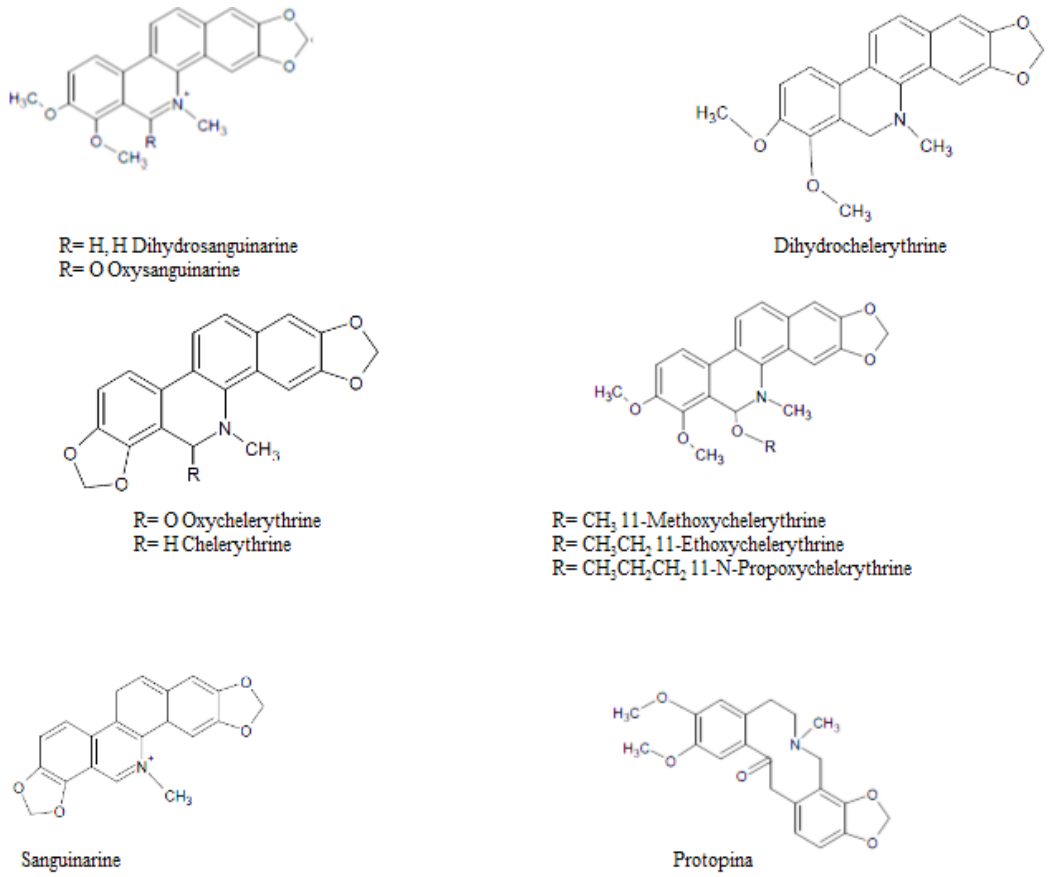



*Figura 33.* Estructuras representativas de Bocconia frutescens.

Referente a potencial biológico, extractos derivados de especies de Bocconia han mostrado efectos insecticidas, antitusígenos, antiinflamatorios y antitumorales (Bolaños Rivera, 2009).

Particularmente, Chelerythrine inhibe la proliferación de células comunes en cáncer gástrico e induce apoptosis, mientras que sanguinarine causa bloqueo del ciclo celular y apoptosis de células carcinogénicas de próstata, páncreas y de pulmón. También se ha descrito que extractos etanólicos derivados de las hojas de B. frutescens y B. arbórea, muestran fuerte actividad antimicrobial contra Staphylococcus aureus, Escherichia coli, y Pseudomonas aeruginosa en concentraciones de 10 mg/mg y menores, lo que justifica el empleo medicinal popular de estas plantas para controlar infecciones (Bolaños Rivera, 2009).

En Nicaragua se usa la corteza como tinte y su látex se emplea como remedio para el dolor de muelas (Bolaños Rivera, 2009); también en México se usa para teñir textiles. Tiene uso artesanal, medicinal, ornamental y como insecticida. Contiene varios alcaloides con actividad farmacológica.

***Maclura Tinctoria***

La especie *M tinctoria* que se muestra en la figura#, posee diferentes sinónimos en su nombre científico, dentro de los cuales se destacan: *Morus tinctoria L., Morus alba, Chlorophora xanthoxylum y Chlorophora tinctoria.* Es denominada en Colombia con los nombres vulgares de "dinde" y "palo amarillo". En México es denominado con el nombre de "moral" y "moral de clavo".

*Figura 34.* Hojas e inflorescencia de Maclura Tinctoria l. (Fajardo Gutiérrez, 2017) .

**Tabla 33**. Descripción taxonómica de la especie Maclura tinctoria. Tomado de: (Universidad Nacional de Colombia, 2012).

| **Nombre científico** | ***Maclura Tinctoria l*** |
|---|---|
| **Nombre común** | *Dinde, palo amarillo* |
| **Filo** | *Magnoliophyta* |
| **Clase** | *Magnoliopsida* |
| **Orden** | *urticales* |
| **Familia** | *Moraceae* |

**Descripción botánica**

Árbol de ±30 m de altura, de copa amplia, densa y redondeada con ramificación dicotómica. La corteza es de color pardo a gris oscuro, escamosa, con lenticelas amarillas, que se desprenden en piezas irregulares. El grosor de la corteza varía de 8 a 5 mm.

Las hojas son simples, alternas, oval-lanceoladas y sus inflorescencias son verdes, las masculinas amarillas con frutos pequeños, amarillos o verde-ceniza, redondos y son semillas. (Torres Romero, 1983)

La madera es dura y pesada con un peso específico de 0,81 a 0,97 g/cm$^3$. La albura es de color blanquecino y el duramen amarillo brillante. (Tolaba, 1996)

**Distribución geográfica**

Esta especie se encuentra distribuida desde México y las Antillas hasta el norte de Argentina. En Colombia se encuentra en la costa Atlántica y en Islas de San Andrés principalmente. Esta especie crece en un amplio rango ambiental: bosque tropical y subtropical húmedo y seco. Prefiere sitios húmedos, a menudo creciendo cerca de ríos y arroyos, pero también tolera suelos secos. Su distribución altitudinal varia de 0 a 1200 msnm con precipitaciones anuales de 850 2500 mm y temperaturas de 16 a 26 °C. (Limongi, 2012), (Bentacourt, 1995).

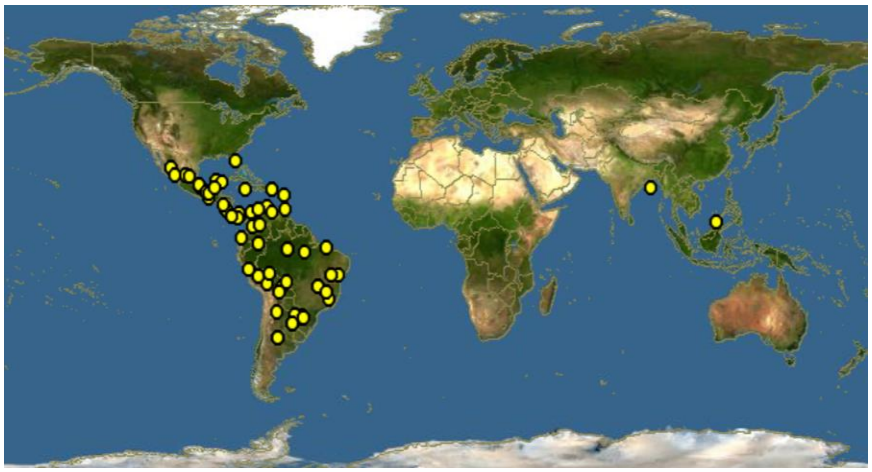


*Figura 35.* Mapa de distribución geográfica de la especie Maclura tinctoria (L.) D. Los puntos amarillos indican la distribución de la especie Maclura tinctoria (L.). Tomado de: (Center for Tropical Forest Science, Panama, 2014)

**Estudios químicos, biológicos y usos etnobotánicos**

De la inspección bibliográfica llevada a cabo para *M tinctoria l.* se ha encontrado estudios fitoquímicos en los cuales indican la presencia de varios grupos de metabolitos secundarios, dentro de los cuales se destacan; flavonoides, Xantonas, flavonas, chalconas, terpenos, cumarinas, ácidos fenólicos y estilbenos (Chan, 2016), (Lamounier, y otros, 2012).

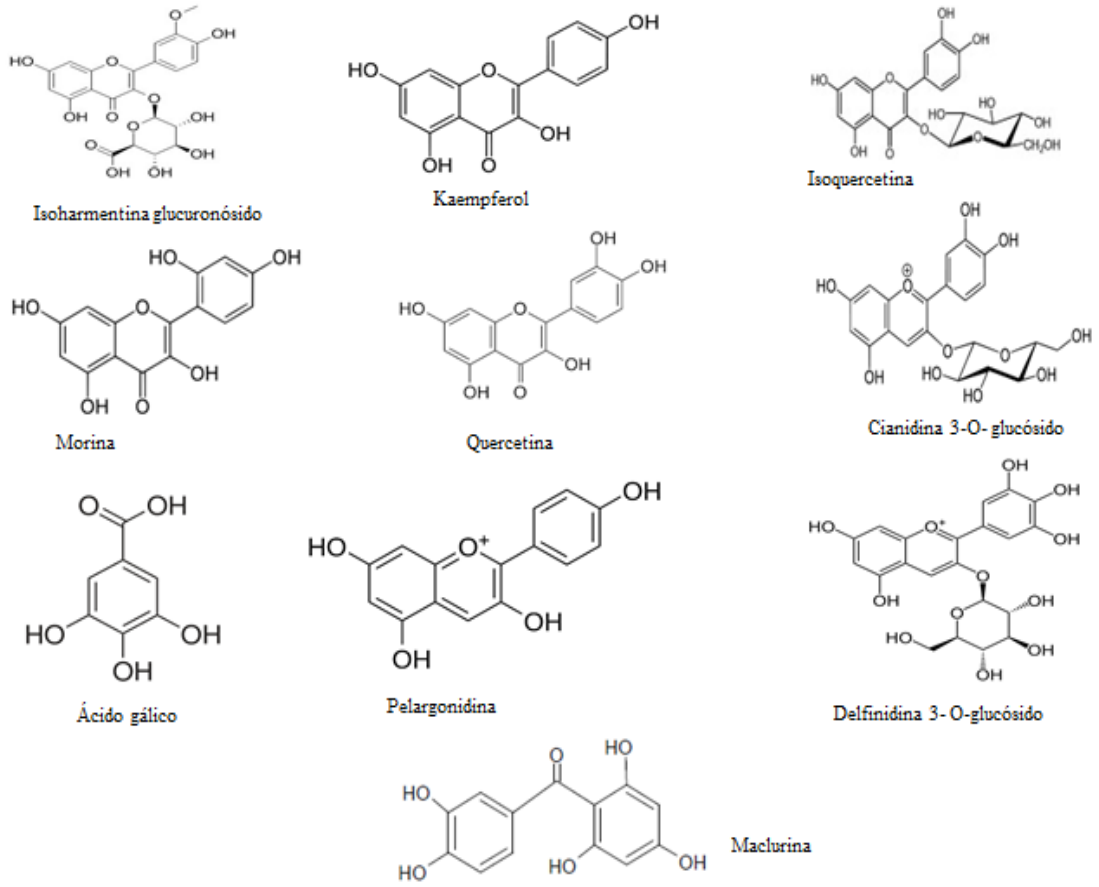



*Figura 36.* Estructuras colorantes representativas de Maclura tinctoria.

Se ha llevado a cabo estudios de la actividad antioxidante y efecto antibacteriano de la corteza de Maclura tinctoria (L.) (Lamounier K. , 2012). Los principios colorantes “Maclurina” y “Morina” provienen de la corteza, han sido usados para teñir lana, seda y cuero. También se ha utilizado mordiente para asegurar la fijación del colorante entre estos: alumbre, crémor tártaro, ácido oxálico y cloruro de estaño. Esta especie se utiliza también como medicina por sus propiedades cicatrizantes, diuréticas, laxantes y antiinflamatorios (Torres Romero, 1983).

***Galium canescens***

La especie *G canescens* que se muestra en la figura #, posee diferentes sinónimos en su nombre científico, dentro de los cuales se destaca: *Relbunium canescens,* es denominada en Colombia con el nombres vulgares de "Relbún".

*Figura 37.* Hojas, tallo y frutos de Galium canescens (Fajardo Gutiérrez, 2017) .

**Tabla 34.** Descripción taxonómica de la especie Bocconia Frutescens. Tomado desde: (Universidad Nacional de Colombia, 2012).

| **Nombre científico** | ***Galium hypocarpium*** |
|---|---|
| **Nombre común** | *Relbún* |
| **Filo** | *Magnoliophyta* |
| **Clase** | *Magnoliopsida* |
| **Orden** | *Rubiales* |
| **Familia** | *Rubiaceae* |

**Descripción botánica**

La descripción botánica del género *Galium* se caracteriza por ser arbustos pequeños, rastreros, perennes, que alcanzan una longitud de hasta 60 cm. Tallos débiles, ásperos con raíz rojiza y muy fibrosa. Hojas simples, de borde entero, de forma ovado-elípticas, ápice Flores hermafroditas sobre un pedúnculo 5-15 mm de largo, Cáliz poco notorio.

El Fruto es una drupa carnosa, sésil, globosa, algo pubescente de color naranja a roja (Trueba, 2008).

**Distribución geográfica**

Desde México hasta las regiones andinas de Perú, Chile, Argentina, llegando hasta el sudeste de Brasil.Se encuentra también en las Antillas e islas de los océanos Atlántico y Pacífico. Se distribuye en los Bosques de Encino, Bosques de Pino, Bosques de Pino-Encino. (Trueba, 2008), (Niemeyer, 2015)

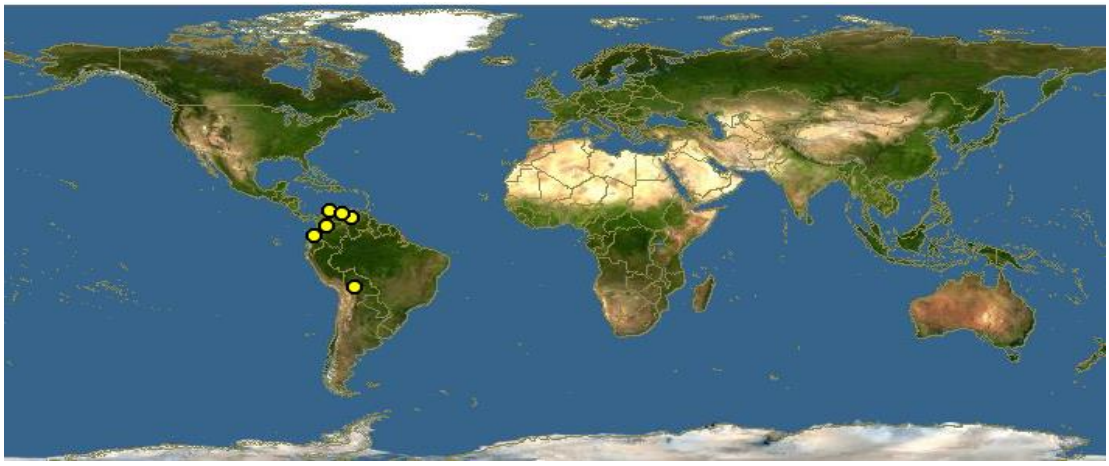


*Figura 38.* Mapa de distribución geográfica de la especie Galium canescens (L.) Los puntos amarillos indican la distribución de la especie Galium canescens (L.)Tomado de: (Global Biodiversity Information Facility, 2015).

**Estudios químicos, biológicos y usos etnobotánicos**

Se han encontrado en extractos obtenidos de fibras de alpaca teñidas con *Galium*, entre ellas *Galium canescens*, cuyas sustancias colorantes reportadas son: purpurina, lucidina, xantopurpurina, pseudopurpurina, alizarina y munjistina. (Devia Catillo & Cardale de Schrimpff, 2017).

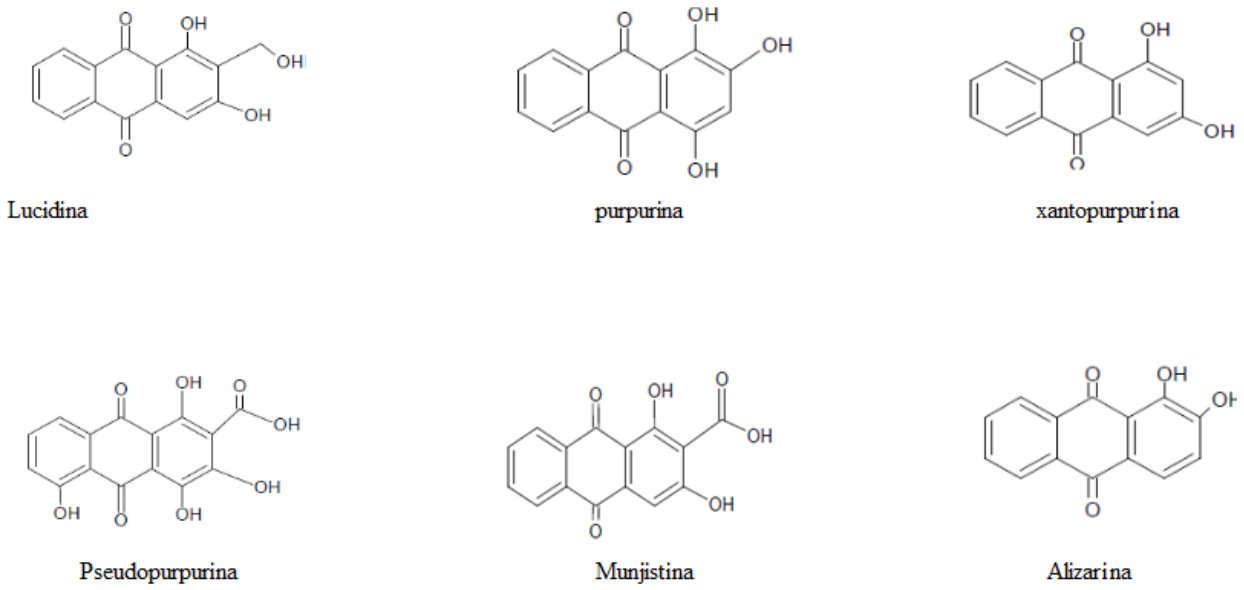



*Figura 39.* Estructuras colorantes representativas de Galium canescens.

Las raíces de esta especie son utilizadas en el sur de Nariño y al norte de Ecuador para teñir de rojo la lana proveniente de camélido. Las especies de este género más conocidas son: *Galium hypocarpium y G. corymbosum*, que han sido empleadas en textiles precolombinos especialmente por comunidades Paracas, nazca, Huari y Tihuanaco.

# 9 CONCLUSIONES

En el análisis fitoquímico preliminar de la corteza seca de *Maclura tinctoria L.* se evidencia la presencia de flavonoides, entre ellos antocianinas y leucoantocianinas, taninos, cumarinas, sesquiterpenlactonas, nafto/antraquinonas y glucósidos cardiotónicos.

En la especie *Maclura tinctoria* el contenido de polifenoles totales tiene un valor de 60,3mg Ac. Gálico/g; el cual fue el mayor de las 4 especies evaluadas. De acuerdo al análisis HPLC-DAD del tejido teñido los aportes de moléculas con dicha propiedad se debe principalmente a la presencia de Morina que enmascara a Maclurina (76,89%), un derivado de la luteolina (18,17%) y en menor cantidad Kaempferol (4,93%) .

Las mejores condiciones para el teñido de *Maclura tinctoria* corresponden al empleo de mordiente alumbre, temperatura 92ºC y proporción 1:8 con respecto al peso del algodón.

El análisis fitoquímico preliminar de frutos frescos de *Juglans neotrópica Diels* evidencia la presencia de alcaloides, taninos, flavonoides, antocianinas, nafto/antraquinonas, saponinas, cumarinas, sesquiterpenlactonas y glucósidos cardiotónicos.

El contenido de polifenoles totales para *Juglans neotrópica* es 48,03mg Ac. Gálico/g; lo que confirma junto al análisis HPLC-DAD que las posibles moléculas que contienen polifenoles son de carácter tánico encontrándose en la muestra teñida ácido elágico (100%) y en el extracto acuoso juglona (31,49%.) y ácido elágico (68,51%).

Las mejores condiciones para el teñido con Juglans neotrópica Diels, corresponde a teñido directo, con temperatura de 92ºC y proporción 1:10 con respecto al peso del algodón.

En el análisis fitoquímico preliminar de hojas frescas de la especie *Justicia secunda Vahl* se evidencia la presencia de alcaloides, taninos, flavonoides, antocianinas, terpenos y/o esteroides, sesquiterpenlactonas y glucósidos cardiotónicos.

En *Justicia secunda Vahl* la concentración de polifenoles totales es 20,6mg Ac. Gálico/g, lo cual se confirma con la presencia de flavonoides y antocianinas dadas en el análisis fitoquímico preliminar.

En el análisis HPLC-DAD del extracto de fibra de celulosa teñida se identificó la presencia de antocianina desconocida (46,20%), derivado de luteolina'1 (23,77%), derivado de luteolina''2 (18,84%) y derivado de luteolina'''3 (11,20%) los cuales son responsables de la propiedad tintórea.

Las mejores condiciones para el teñido con *Justicia secunda Vahl*. Corresponde a teñido con mordiente alumbre, a una temperatura de 92ºC en proporción 1:6 con respecto al peso de del algodón.

En el análisis fitoquímico preliminar de raíces de *Galium canescens L*. se evidencia la presencia de nafto/antraquinonas y glucósidos cardiotónicos.

En *Galium canescens L.* el valor de polifenoles totales corresponde a 12,13mg Ac. Gálico/ g; lo cual se relaciona con la presencia de antraquinonas con grupo fenólicos, cuyos análisis HPLC-DAD confirman en mayor proporción la antraquinona purpurina (74,03%), una antraquinona desconocida (14,06%,), pseudopurpurina (1,21%), xantopurpurina (2,97%) y alizarina (2,63%) la cual son las estructuras responsables de la coloración rojiza del teñido.

Las mejores condiciones para el teñido con *Galium canescens L.* fue teñido con mordiente de alumbre, a temperatura de 80ºC y proporción 1:2 con respecto al peso de algodón.

En el análisis fitoquímico preliminar de corteza de *Bocconia frutescens L*. se evidencia la presencia de alcaloides, flavonoides, saponinas, cumarinas y glucósidos cardiotónicos. No se reportó concentración de polifenoles totales debido a su escasez.

En la especie *Bocconia frutescens* las moléculas responsables de la coloración se debe a la presencia de alcaloides cuaternarios isoquinolidinicos, confirmado lo anterior, a través de

cromatografía HPLC-DAD, encontrándose en mayor proporción en fibra teñida queleritrina con 55,22% de área relativa, luego sanguinarina con 42,51% y un alcaloide desconocido con 2,7%..

Las condiciones favorables para el teñido con *Bocconia frutescens L*. fue la utilización de corteza fresca, teñido con mordiente de alumbre, temperatura de 92ºC y proporción 1:10 con relación al peso del algodón.

# 10 RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar un análisis colorimétrico y pruebas de solidez a las fibras teñidas con las especies *Justicia secunda Vahl, Bocconia frutescens, Galium canescens, Juglans neotrópica y Maclura tinctoria* para analizar la calidad textil, el color característico de las muestras teñidas y la solidez del color a la luz.

- Utilizar diferentes métodos instrumentales para identificar las moléculas desconocidas que aportan a la propiedad tintórea identificadas en las fibras del tejido teñido.

- Modificar las características de la fase móvil utilizada en el metodo de HPLC-DAD para obtener una separación eficiente de los compuestos que eluyen con el mismo tiempo de retención.

- Realizar procesos de teñido en diferentes materiales vegetales; al utilizado, para encontrar las mejores condiciones para su posterior aplicación en la industria textil.

- Seguir trabajando con las especies *Maclura tintórea* y *Bocconia frutescens* para obtener diferentes gamas de tonalidades amarillas.

# 11 BIBLIOGRAFÍA


Jurado Teixeira, B., & Aparcana Ataurima, I. M. (24 de 08 de 2016). Sociedad química de Perú. Recuperado el 20 de 06 de 2018, de Evaluación del contenido de polifenoles totales y la capacidad antioxidante de los extractos etanólicos de los frutos de aguaymanto (Physalis peruviana L.) de diferentes lugares del Perú: http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v82n3/a03v82n3.pdf

Agudelo, I. (2015). Métodos empleados en el análisis de los polifenoles en un aboratorio de baja complejidad. universidad de Buenos Aires, 1-15.

Aranda, J. e. (2017). Toxicidad, actividad antioxidante in vitro e hipoglicemiante in vitro e in vivo del extracto acuoso de juglans neotropica diels (nogal peruano). revista peruana de medicina integrativa, 1-9.

Arcila Castro, J., Valencia Pascuas, N., Bernal Vera, M. E., & Castaño Ramirez, E. (2006). Evaluación del extracto del trompeto ( Bocconia frutescens) en el manejo de problemas fitosanitarios de interés agrícolas. cultura y droga, 183.

Bechtold, T., & Mussak, R. (2009). Handbook of natural colorants. Austria: WILEY. Jhon Wiley and Sons, Ltd.

Bentacourt, A. (1995). Silvicultura especial de árboles. Cuba: Editorial Científico-Técnica.

Bolaños Rivera, G. Y. (07 de 09 de 2009). Revista de la asociación Colombiana de Ciencias biológicas. Recuperado el 27 de 06 de 2018, de Distribución altitudinal de musgos en el municipio de Popayan, Cauca: http://www.ojs.asociacioncolombianadecienciasbiologicas.org/index.php/accb/article/view/45/46

Castilla Romero, D. L., & Ripe Gutiérrez, M. A. (2017). Estudio fitoquímico de los colorantes presentes en la especie berberis meollacensis l.a. camargo *(berberidaceae).* Bogotá: Universidad Distrital F.J.C.

Center for Tropical Forest Science, Panama. (12 de 08 de 2014). Discoverlife. Recuperado el 27 de 06 de 2018, de Maclura tinctoria: http://www.discoverlife.org/mp/20m?kind=Maclura+tinctoria

Chan, E. (2016). Phytochemistry, pharmacology, and clinical trials of Morus alba. Chinese Journal of Natural Medicines, 1-14.

Chimera, C. G. (10 de JUNIO de 2018). *CABI*. Obtenido de CABI: https://www.cabi.org/isc/datasheet/9449#E1179485-C27A-479D-B92B-3E7EE6A3460C

Chirán, R. (15 de junio de 2018). la dualidad andina del pueblo pasto, principio filosófico. obtenido de la dualidad andina del pueblo pasto, principio filosófico: http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/247/109_Chiran_Caipe_Rosa_Alba_2013.pdf?sequence=1

Christie, R. M. (2003). Colour chemistry. Cambridge: The Royal Society of Chemistry.

Cioffi, G., Morales Escobar, L., Braca, A., & De Tommasi, N. (2003). Antioxidant Chalcone Glycosides and Flavinones from Maclura ( Chlorophora) tinctoria. Journal of Natural Products, 1061-1064.

Colombia, A. d. (15 de junio de 2018). Comunidades artesanas . Obtenido de comunidades artesanas : http://www.artesaniasdecolombia.com.co/PortalAC/C_sector/resguardo-zenu_207

Corrêa , G. M., & Alcântara, A. F. (2012). Chemical constituents and biological activities of species of Justicia - a review. Revista Brasileira de Farmacognosia, 224-227.

de Oliveira Oyama, S., de Souza, L. A., Baldoqui, D. C., Sarragiotto, M. H., & Silva, A. A. (13 de Agosto de 2013). Revista electrónica Quim. Nova. Recuperado el 03 de Marzo de 2018, de http://www.scielo.br/pdf/qn/v36n6/10.pdf

Devia Catillo, B., & Cardale de Schrimpff, M. (2017). Los textiles precolombinos de Nariño y del Ecuadro. Similitudes y diferencias en colorantes, técnicas y diseños. Bogotá: Instituto Colombiano de Antropología e Historia.

Devia, B., & de Schrimpff, M. C. (2017). Los textiles precolombinos de Nariño y del Ecuador similutes y diferencias en colorantes, técnicas y diseños. Bogotà: Instituo Colombiano de Antropología e Historia.

Devia, B., de Schrimpff, M. C., Devia, C., & Niño Izquierdo, C. (07 de 07 de 2016). Nuevo Mundo Mundos Nuevos. Recuperado el 13 de 06 de 2018, de Aproximación al

conocimiento de los colorantes en la comunidad indígena Ika de la Sierra Nevada de Santa Marta (departamento del Cesar, Colombia): https://journals.openedition.org/nuevomundo/69205

EI-Sohly, H. N., Joshi, A., C-Li, X., & Ross, S. A. (27 de Julio de 1999). Flavonoids from Maclura tinctoria. (R. I. National Center for the Development of Natural Products, Ed.) *Phytochemistry, 52*, 141-145.

Fajardo Gutiérrez, F. (25 de 04 de 2017). Plantas de Colombia. Recuperado el 27 de 06 de 2018, de Juglans neotrópica: https://plantasdecolombia.com/?s=galium

García Ortiz, C. A., Gutierrez Avella, D. M., & Olmos E., A. (02 de Septiembre de 2010). Universidad Autónoma de Querétaro. Recuperado el 02 de 06 de 2018, de Cuantificación de Fenoles totales en Amaranthus hybridus, Cosmos bipinnatus y Cynodon dactylon plantas malezas del estado de Querétaro: http://www.uaq.mx/investigacion/difusion/veranos/memorias-VIII/UAQLocalOrtizGarcia.pdf

Garcia, B. (2015). análisis del comportamiento de los parámetros bioquímicos en pacientes diabéticos tipo ii,que consumen la infusión de justicia secunda (planta de insulina), como coadyuvante en su terapia y que integran el club de diabéticos del cantón palestina guayas. universidad de Guayaquil, 1-110.

Garcia, B. e. (2015). análisis del comportamiento de los parámetros bioquímicos en pacientes diabéticos tipo II,que consumen la infusión de justicia secunda (planta de insulina), como coadyuvante en su terapia y que integran el club de diabéticos del cantón palestina guayas. universidad de Guayaquil, 1-111.

García, E. (s.f.). Determinación de polifenoles totales por el método de Folin-Ciocalteu. Universidad Politecnica de Valencia, 1-9.

Global Biodiversity Information Faciliry. (12 de 05 de 2011). Discoverlife. Recuperado el 27 de 06 de 2018, de Juglans neotropica: http://www.discoverlife.org/mp/20m?kind=Juglans+neotropica

Global Biodiversity Information Facility. (15 de 09 de 2015). Discoverlife. Recuperado el 27 de 06 de 2018, de Galium canescens: http://www.discoverlife.org/mp/20m?kind=Galium+canescens

Groweiss, A., Cardellina, J. H., & Boyd, M. R. (7 de septiembre de 2000). HIV-Inhibitory Prenylated Xanthones and Flavones from Maclura tinctoria. (A. C. Pharmacognosy, Ed.) Journal of Natural Products, *63*(11), 1537-1539.

Hurtado Manrique, P. E. (13 de 05 de 2014). Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Recuperado el 04 de 06 de 2018, de Evaluación de la actividad gastroprotectora del extracto hidroacohólico de las hojas de Juglans neotropica Diels: http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/3748/Hurtado_mp.pdf?sequence=1

Klinger Brahan, W. (2000). Estudio de las especies promisorias productoras de colorantes en el trapecio amazónico. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Centro de Investigaciones y Desarrollo Científico.

Koffi, E. e. (2013). Polyphenol extraction and characterization of Justicia secundaVahl leaves for traditional medicinal uses. *elsevier*, 1-8. Obtenido de http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.06.001

Koffi, E. N., Guernevé, C. L., Lozano, P. R., Meudec, E., Adje, F. A., Alain Bekro, Y., & Lozanoun, Y. F. (03 de 06 de 2013). *Elsevier*. Recuperado el 04 de 06 de 2018, de Extracción de polifenoles y caracterización de Justicia secunda Vahl hojas para usos medicinales: https://es.scribd.com/document/364622705/Cult-Ivo

Lamounier, K. (2012). Antioxidant Activity, and Antibacterial Effect of theWood and Bark of Maclura tinctoria (L.) D. Don ex Steud. Hindawi Publishing Corporation,, 1-8. doi:10.1155/2012/451039

Lamounier, K. C., Cuncha, L. C., De Morais, S. A., De Aquino, F. J., Chang, R., do Nascimento, E. A., . . . Cunha, W. R. (7 de Diciembre de 2012). Chemical Analysis and Study of Phenolics, Antioxidant Activity, and Antibacterial Effect of the Wood and Bark of Maclura tinctoria (L.) D. Don ex Steud. Evidence-Based Complementaru an Alternative Medicine, 2012, 2-5.

Limongi, R. (2012). Moral fino, Maclura tinctoria (L.) D. don ex steud especie de uso múltiple del bosque seco de Ecuador. Instituto Nacional Autonomo de investigaciones agropecuarias , 1-20.

Lozano Contreras, G., González , F., & Ruiz Rodgers, N. (1994). Hallazgo de oreomunnea (juglandaceae) en suramérica y descripcion de una nueva especie de colombia. annales jardín botánico de madrid, 13.

Male, M. (11 de Octubre de 2012). Tecnología de los plásticos. Recuperado el 25 de Febrero de 2018, de Elastano ( spandex): http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com.co/2012/10/elastano-spandex.html

Masias Brôcker, K. (2007). Caracterización de las propiedades tintóreas del extracto de nogal ( Juglans neitropida Diels) proveniente de la cuenca alta del río Zaña. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.

Masías Brócker, K. (04 de 02 de 2007). Caracterización de las propiedades tintóreas del extracto de nogal ( Juglans neotrópica Diels) proveniente de la cuenca alta del río Zaña. (T. d. pregrado, Ed.) Recuperado el 13 de 06 de 2018, de Repositorio Universidad Nacional Agraria La Molina: http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/482/K50.M385-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Masias Brôcker, K. (2007). Repositorio Universidad Nacional Agraria La Molina. Recuperado el 03 de Marzo de 2018, de TESIS : http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/482/K50.M385-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Masias, B. K. (2007). Caracterización de las propiedades. Universidad nacional Agraria la Molina, 1-121.

Medina, M. (2011). Determination of the total phenolics in juices and superfruits. Journal of functional foods, 1-9.

Mendoza , H., Ramirez, B., & Jiménez, L. C. (2004). Rubiaceae de Colombia. Guía ilustrada de géneros. Instituto de investigación de Recursos biológicos Alezander von Humboldt. Bogotá: Insituto Humboldt Colombia.

MIncultura. (15 de junio de 2018). Caracterizaciones de los pueblos indígenas de colombia. obtenido de aracterizaciones de los pueblos indígenas de colombia: http://www.mincultura.gov.co/prensa/noticias/Documents/Poblaciones/archuaco.pdf

Mininterior. (15 de junio de 2018). Pueblos indigenas. Obtenido de Pueblos indigenas: https://www.mininterior.gov.co/sites/default/files/upload/SIIC/PueblosIndigenas/pueblo_tikuna.pdf

Mocan, A., Crisan, G., Vlase, L., Ivânescu, B., Sabin Bâdârâu, A., & Letitia Arsene, A. (2016). Phytochemical investigation on four Galium species ( Rubiaceae) from Romania. Farmacia, 64.

Moswa, J., Kapanda, N., Mugende, D., Okitolonda, W., Mayangi, M., & Mihigo, S. (2003). Plants as an important source of iron for the treatment of anaemia: case of Justicia secunda. *NAPRECA* Symposium Booj of Proceedings Antananarivo Madagascar, 132-35.

Niemeyer, H. A. (2015). Dyes used in pre-Hispanic textiles from the Middle and Late Intermediate periods of San Pedro de Atacama (northern Chile): new insights into patterns of exchange and mobility. Journal of Archaeological Science, 1-10.

Nikolaeva, S., Saavedra Arias, J. J., Sáenz Arce, G., Salas, R., Vega Baudrit, J., Rodríguez, G., . . . Popov, A. (19 de 11 de 2014). Laboratorio Nacional de Nanotecnología. Recuperado el 04 de 06 de 2018, de Materiales poliméricos compuestos con polietileno ( PEBD) y fibras del árbol Maclura tinctoria ( Moraceae): http://docplayer.es/38098768-Materiales-polimericos-compuestos-con-polietileno-pebd-y-fibras-del-arbol-maclura-tinctoria-moraceae.html

Nomelín Ballen, L. Y. (2014). Contribución al estudio fitoquímico de ocho especies utilizadas como fuentes de colorantes pro la comunidad ika de la sierra Nevada de Santa Marta. Bogotá: Universidad Distrital F.J.C.

Onoja, S. e. (2016). Antioxidant, anti-inflammatory and antinociceptive. Elsevier, 1-7.

ortega, h. (2006). estudio del ataque de gretchena garai miller en nogal (juglans neotropica diels) en plantación sola y asociada con cuatro especies forestales en dos sitios. universidad tecnica del norte, 1-70.

Quiroz, R. (2013). Eevaluación de la actividad cicatrizante de un gel elaborado a base de los extractos de nogal (juglans neotrópica diels), ortiga (urtica dioica l.), sábila (aloe vera), en ratones (mus musculus)”. escuela superior politécnica de chimborazo, 1-146.

Rodriguez, L. (1994). Algunas Especies vegetales de uso actual o potencial en la región andina colombiana. Proyecto Desarrollo Forestal Participativo en los Andes, 56-73.

Rodríguez, O. e. (2015). Actividad antioxidante de extractos de hojas de Bocconia frutescens L. (Papaveraceae). Revista de Tecnología, Volumen 14(Número 2), 1-16.

Roquero, A. (2008). Identification of Red Dyes in Textiles from the Andean Region. Textile society of America Symposium, 129.

Rosario, U. d. (15 de junio de 2018). Facultad de jurisprudencia, comunidades etnicas de Colombia . Obtenido de Facultad de jurisprudencia, comunidades etnicas de Colombia : http://www.urosario.edu.co/jurisprudencia/catedra-viva-intercultural/ur/Comunidades-Etnicas-de-Colombia/Pueblos-indigenas/

Sanchez, M., & López, P. (11 de 03 de 2008). Universidad Complutense de Madrid. Recuperado el 22 de 04 de 2018, de Biosensores amperométricos de tirosinasa para la determinación de compuestos fenólicos en medios acuosos y no acuosos: http://eprints.ucm.es/8131/1/T30542.pdf

Shibayama, N., Phipps, E., & Commoner, L. (2013). Metropolitan Museum of Art. Recuperado el 03 de Marzo de 2018, de Identifying Natural Dyes to Understand a Tapestry's Origin: https://www.metmuseum.org/about-the-met/conservation-and-scientific-research/projects/identifying-natural-dyes

Stevens, W. D., Ulloa, C. U., & Montiel, O. M. (1859). Flora de Nicaragua, Tomo I. Ciudad de Panamá: Missouri Botanical Garden Press.

Systematic Mycology and Microbiology Laboratory. (12 de 05 de 2011). Discoverlife. Recuperado el 27 de 06 de 2018, de Bocconia frutescens: http://www.discoverlife.org/mp/20m?kind=Bocconia+frutescens

Systematic Mycology and Microbiology laboratory. (12 de 04 de 2011). Discovery life. Recuperado el 27 de 06 de 2018, de Justicia secunda: http://www.discoverlife.org/mp/20m?kind=Justicia+secunda

Tolaba, J. (1996). Flora del valle de lerma. herbario mcns, facultad de ciencias naturales, universidad nacional de salta , 1-12.

Toro Vanegas, E., & Roldán Rojas, I. C. (08 de 03 de 2018). *Scielo.* (R. M. 24(1), Ed.) Recuperado el 13 de 06 de 2018, de Estado del arte, propagación y conservación de Juglans neotrópica Diels., en zonas andinas: https://dx.doi.org/10.21829/myb.2018.2411560

Torres Romero, J. H. (1983). Contribución al conocimiento de las plantas tánicas registradas en Colombia. Bogotá: Fondo Colombiano de Investigaciones científicas y proyectos especiales Francisco José de Caldas.

Trueba Sánchez, S. (10 de 01 de 2009). Researchgate. Recuperado el 13 de 06 de 2018, de Reporte de investigación etnobotánica realizada para el Consejo Veracruzano de Arte Popular (COVAP) Plantas tintóreas utilizadas en artesanías textiles de lana de Soledad Atzompa, Veracruz: https://www.researchgate.net/publication/237239476_Reporte_de_investigacion_etnobotanica_realizada_para_el_Consejo_Veracruzano_de_Arte_Popular_COVAP_Plantas_tintoreas_utilizadas_en_artesanias_textiles_de_lana_de_Soledad_Atzompa_Veracruz

Trueba, S. (2008). “Plantas tintóreas de soledad atzompa, veracruz, méxico.”. Universidad Veracruzana, 2-56.

Trueba, S. (01 de 01 de 2008). ResearchGate. Recuperado el 27 de 06 de 2018, de Plantas tintóreas de Soledad de Atzompa, Veracruz, México: https://www.researchgate.net/publication/279445405_Plantas_tintoreas_de_Soledad_de_Atzompa_Veracruz_Mexico

UNAM. (2009). Biblioteca digital de la medicina tradicional mexicana. Recuperado el 08 de junio de 2018, de Biblioteca digital de la medicina tradicional mexicana: http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/monografia.php?l=3&t=&id=7629

UNAM. (2007). Técnicas Cromatográficas. Universidad Nacional Autónoma de México, 1-132.

Universidad Nacional de Colombia. (10 de 05 de 2012). Herbario Virtual. Recuperado el 27 de 06 de 2018, de Justiica secunda: Tomado desde: http://www.biovirtual.unal.edu.co/es/colecciones/detail/330868/.

Universitat de València. (2007). Herbario virutal de la universidad de valencia. Recuperado el 03 de Marzo de 2018, de àrea de Botánica, Departament de Biologia, Universitat de les Illes Balears: http://herbarivirtual.uib.es/cas-uv/familia/2007.html

Valverde, A. (2016). Estudio y análisis del fruto seco Tocte (Juglansneotrópica) y su aplicación en la pastelería. Universidad de Guayaquil, 1-83.

Villaseñor, M. J. (1995). Nuevos métodos fotométricos y electroquímicos de determinación de colorantes amarillos en alimentos. España: Universidad de Castilla, La Mancha.

Wiedhopf, R. (1972). Phytochemical investigation of. The university of Arizona, department of pharmaceutical sciences, 1-58.

Xuelong , Y., Xialoi, G., Zhixiang , Z., Yuan, C., Quian, Z., Pengfei, T., & Xingyun, C. (25 de 08 de 2014). Revista electrónica Molecules *19.* Recuperado el 29 de 06 de 2018, de Alkaloids from the tribe Bocconieae (Papaveraceae): A chemical and Biological Review: http://www.mdpi.com/1420-3049/19/9/13042

Zambrano, P. (2017). Caracterización y estudio fitoquímico de Justicia secunda valh (Sanguinaria, Singamochilla, Insulina). Revista Cubana de Plantas Medicinales, 1-8.