

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA**

**Evaluación de un colorante semipermanente de cabello elaborado a partir  
del polvo de semillas de *Bixa orellana* L. (Achiote)**

**Informe de Tesis**

**Presentado por**

**Luisa Cristina Liu Cai**

**Para optar al título de**

**Química Farmacéutica**

**Guatemala, febrero de 2021**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA**

**Evaluación de un colorante semipermanente de cabello elaborado a partir  
del polvo de semillas de *Bixa orellana* L. (Achiote)**



**Luisa Cristina Liu Cai**

**Química Farmacéutica**

**Guatemala, febrero de 2021**

**JUNTA DIRECTIVA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA**

M.A. Pablo Ernesto Oliva Soto

Decano

Licda. Miriam Roxana Marroquín Leiva

Secretaria

Dr. Juan Francisco Pérez Sabino

Vocal I

Dr. Roberto Enrique Flores Arzú

Vocal II

Lic. Carlos Manuel Maldonado Aguilera

Vocal III

Br. Giovanni Rafael Funes Toval

Vocal IV

Br. Carol Merari Caceros Castañeda

Vocal V

# **DEDICATORIA**

## **A Dios**

Por permitirme vivir cada día, de disfrutar el recorrido de las oportunidades y aventuras que me brindas. Simplemente te agradezco por todo.

## **A mis padres**

Por su amor, su cuidado, su sabiduría y su apoyo incondicional que me han dado con todo el corazón que tienen. Agradezco el esfuerzo, la dedicación y los sacrificios a lo largo de mi vida. Los amo.

## **A mi hermana**

Por todo, por ser la mejor hermana del mundo. Agradezco por tu amor, tu apoyo y tu motivación de ser una mejor persona cada día, de nunca rendirme y por siempre estar a mi lado en todas las aventuras realizadas. Simplemente eres una persona maravillosa y un modelo a seguir. Te admiro y lo haré por siempre. Sin ti no lo hubiera logrado. Te amo.

## **A mis amigos**

Agradezco el apoyo, las risas y los momentos compartidos. Cada uno de ustedes son parte de mi formación como persona. Agradezco a cada uno de ustedes y que nuestra amistad perdure.

**A todas las personas maravillosas que he conocido en el camino y que han sembrado una huella positiva y motivante en mi vida.**

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A Dios**

Por darme la vida y la salud de poder llegar hasta punto de mi vida, que me ha dejado enseñanzas maravillosas, por ser mi guía y mi inspiración.

### **A la Universidad de San Carlos de Guatemala**

Por ser mi Alma Mater, de formarme como profesional con principios y valores. experiencia

### **A la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia**

Por brindarme el conocimiento, las herramientas y experiencia para lograr mi desempeño como profesional.

### **Al Departamento de Farmacia Industrial y Departamento de Farmacognosia y Fitoquímica**

Por permitir realizar este trabajo de investigación en sus instalaciones y por todo el apoyo que me brindaron.

### **Al Departamento de Farmacología**

Por abrirme las puertas y por la confianza manifestada durante mi experiencia como auxiliar, llevando una satisfacción en mi corazón.

### **A mi Asesor Lic. Julio Gerardo Chinchilla Vettorazzi**

Por su gran apoyo, asesoramiento y paciencia en la realización de todo el trayecto de mi tesis.

### **A mi Revisora Licda. María Nereida Marroquín Tintí**

Por su apoyo, paciencia y revisión de este trabajo de investigación.

## ÍNDICE

1. RESUMEN	1
2. INTRODUCCIÓN	3
3. ANTECEDENTES	4
3.1. <i>Bixa orellana</i> L. (Achiote)	6
3.1.1. Composición Química	6
3.1.2. Uso del pigmento de <i>Bixa orellana</i> L.	7
3.1.3. Uso del pigmento de <i>Bixa orellana</i> L. en la industria cosmética	7
3.1.4. Toxicidad del Achiote	8
3.1.5. Características y procesos de identificación del anato	9
3.1.6. Pruebas de identificación	10
3.2. Colorantes para cabello	12
3.2.1. Tipos de colorantes dependiendo de su origen	12
3.2.2. Tipos de colorantes dependiendo de su duración	13
3.2.3. Características de un colorante para el cabello	19
3.3. Acción de los colorantes en el cabello	22
3.3.1. Colorantes temporales	22
3.3.2. Colorantes semipermanentes	22
3.3.3. Colorantes permanentes	24
3.3.4. Formulaciones de colorantes semipermanentes	29
3.4. Entendimiento del color	33
3.4.1. Síntesis aditiva y sustractiva	34
3.4.2. Clasificación de colores primarios	35
3.4.3. Sistema de color hexadecimal	41
4. JUSTIFICACIÓN	44
5. OBJETIVOS	46
5.1. OBJETIVO GENERAL	46
5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	46
6. HIPÓTESIS	47
7. MATERIALES Y MÉTODOS	48

8. RESULTADOS	60
8. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	72
9. CONCLUSIONES	81
10. RECOMENDACIONES	82
11. REFERENCIAS	83
12. ANEXOS	91
12.1.Generalidades del Achiote ( <i>Bixa orellana</i> L.)	91
12.2.El cabello natural	92
12.2.1. Anatomía y Química del cabello	95
12.3.Anexos de la Investigación	103

## 1. RESUMEN

El empleo de colorantes naturales ha sido de interés hoy en día, principalmente en la industria cosmética. El aprovechamiento de los recursos naturales, permite obtener variaciones de colores y ser posibles candidatos ante colorantes sintéticos, que éstos últimos han presentado un riesgo en la salud por sus efectos cancerígenos, alérgicos y dañinos a la piel. Guatemala cuenta con una gran riqueza vegetal, como plantas que tienen sustancias activas del tipo colorante como flavonoides, xantonas, carotenoides, entre otras; como el pigmento natural del achiote, siendo de interés en esta investigación. Adicionalmente, la Organización Mundial de la Salud (OMS) reconoce la nula toxicidad del achiote tanto para el consumo humano como para su aplicación en la piel.

El color rojizo natural del achiote se debe principalmente a los apocarotenoides presentes en las semillas, la bixina y la norbixina. Por lo que en esta investigación se utilizó el polvo de las semillas del achiote para evaluar su capacidad tintórea en mechones de cabello virgen donados voluntariamente, elaborando así un colorante semipermanente y asimismo evaluar su aceptabilidad por medio de un cuestionario realizado a sujetos masculinos y femeninos.

La bixina y la norbixina fueron identificados por una prueba de caracterización cualitativa y por espectrofotometría UV-Vis, observando bandas características de los apocarotenoides a cierta longitud de onda. Asimismo, se realizaron pruebas organolépticas del RTCA 71.03.45:07 de cosméticos, evaluando el color, olor, aspecto y pH, donde no presentó alteración en cada una de ellas en el producto final. La investigación se basó en la distribución binomial en el proceso de tinción de los mechones vírgenes, obteniendo como resultado una probabilidad del 100% de tinción exitosa, ya que los mechones sometidos a prueba fueron teñidos exitosamente a diferente pH, principalmente neutro y básico.

Se elaboró dos colorantes para cabello, de pH neutro (tinte A) y básico (tinte B) y se realizaron tinciones en mechones vírgenes rubios y mechones vírgenes negros. Cada mechón teñido con los tintes elaborados fue sometido a una serie de lavadas para observar la pérdida

del colorante, asimismo en cada transición se le detectó el color de los mechones por medio de un detector de color digital. Pudo apreciarse la transición del color inicial hasta el final, obteniendo el color Bistre como color final luego de las lavadas, tanto para los mechones rubios y negros previamente decolorados y teñidos con ambos colorantes; demostrando así la capacidad tintórea del achiote en la elaboración del colorante o tinte semipermanente.

A través del método diferencial semántico, se elaboró un cuestionario para evaluar la aceptabilidad de cada característica organoléptica de los mechones teñidos y de los colorantes elaborados como producto final. Se observó que tanto los sujetos masculinos y femeninos evaluados de cabello claro y oscuro aceptaron ambos colorantes, sin embargo, tuvieron mayor preferencia con el tinte A que el tinte B, independientemente del color de cabello que poseían los sujetos evaluados, por lo que se determinó mayor aceptabilidad principalmente en las características organolépticas del tinte A en sí y su resultado en los mechones aplicados que con el tinte B .

## 2. INTRODUCCIÓN

El achiote, conocido como el saborizante precolombino, ha sido utilizado en tiempos remotos como colorante para el cuerpo por los pueblos indígenas, siendo una especie de signo ritual y repelente contra insectos. También ha sido empleado el achiote junto con otros colorantes naturales para la tinción de textiles (Bjerregaard y Peters, 2017). El uso en los alimentos fue común en diversas regiones prehispánicas, como condimento o especia, asimismo para oscurecer o brindar una tonalidad rojiza a la bebida de cacao, así como en salsas y otros platillos. Además, presenta características antioxidantes, mejorando la estabilidad de productos alimentarios y cosméticos (Ebert, Astorga, Ebert, Mora y Umaña, et. al., 2007).

Hoy en día, se ha retomado el interés industrial del achiote y de otros colorantes naturales como reemplazo de colorantes de origen sintético, debido a la existente preocupación respecto a los efectos negativos que tienen algunos colorantes sintéticos en la salud humana (Instituto de Investigaciones Agropecuarias, 2017). Uno de los problemas que se ha presentado en la industria cosmética es el uso de colorantes químicos en colorantes de cabello, principalmente derivados de las diaminas y aminofenoles, que presentan un riesgo en la salud por sus efectos cancerígenos, alérgicos y dañinos a la piel (Mellowship, 2009). Los tintes o colorantes para cabello son utilizados tanto en mujeres como en hombres, ya sea para cubrir canas o cambios estéticos. Según datos por la Confederación de Consumidores y Usuarios (CECU), los tintes para cabello representaron el 8% en cosméticos vendidos en la Unión Europea durante el 2004, donde el 60% de mujeres y 10% de hombres se tiñen una media de 6-8 veces al año (Benaiges, 2007). Por estas razones, el uso de colorantes naturales como el achiote, puede ser una alternativa en sustitución de colorantes sintéticos en la cosmética, evitando efectos perjudiciales para la salud y aumentar su producción nacional, mejorando la economía y a la vez ser un producto amigable para el medio ambiente.

El achiote tiene la habilidad de ser ajustado para cualquier tonalidad desde el rojo al amarillo con modificaciones de pH en el medio. Por lo que, en esta investigación se evaluó si el achiote

presentó o no la capacidad de ser utilizado como agente de tinción en la elaboración de un colorante semipermanente y generar un color deseado en el cabello.

### 3. ANTECEDENTES

El achiote o annatto es un pigmento natural rojo que se extrae de las semillas de *Bixa orellana* L. y es utilizado en Centroamérica como colorante y condimento diario, para caldos, sopas y carnes. También se ha utilizado en la tinción de fibras textiles de seda y algodón (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal, 2007). La importancia sobre el achiote en cuanto a su estudio de investigación radica en que hoy en día, existen una gran cantidad de colorantes de origen sintético que tienen efectos cancerígenos. Se ha reportado casos de dermatitis de tipo facial y de cuero cabelludo por el uso principalmente de colorantes para cabello, esto se debe a los compuestos precursores de color, como la *para*-fenilendiamina (PPD) y los derivados de aminofenoles, que se encuentran generalmente en colorantes permanentes y semipermanentes (Mellowship, 2009). El achiote o annatto es conocido por su ausencia de toxicidad y es uno de los pocos colorantes autorizados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y por la Administración de Alimentos y Medicamentos -FDA- (US Food and Drug Administration) que reconocen su nula toxicidad tanto para el consumo humano como para su aplicación en la piel (Arroyave y Gómez, 2006 y Gonzáles, 1992).

En la actualidad, la coloración del cabello es una técnica que representa una moda tanto para hombres como en mujeres para conferir un nuevo encanto o atracción física (Zaera y Fort, 2013). La coloración del cabello se realiza a partir de los tintes de cabello, siendo las razones más comunes, el colorear los cabellos canos que comienzan a aparecer con la edad, cambiar el color natural del cabello o conferir un color temporal para un acontecimiento (Wilkinson y Moore, 1990).

En el mercado existen dos tipos de colorantes para cabello: los sintéticos y los naturales. Durante los últimos años los colorantes sintéticos, que son los más utilizados por el desarrollo de la industria, han presentado efectos cancerígenos, alergias y daños en la piel. Por estas

razones, se ha motivado la búsqueda y el uso de colorantes naturales para evitar efectos dañinos a la salud y a su vez ser un producto amigable con el medio ambiente (Martín, Pérez y Orozco, 2007 y Pineda y Saldarriaga, 2005).

Existen investigaciones donde se ha demostrado la capacidad del uso de materia natural como colorante, tanto en la industria cosmética, alimenticia y textilera, como a continuación se describe.

Martín, Pérez y Orozco (2007) demostraron que el tinte de las cubiertas secas de la cebolla tenía capacidad de fijación tintórea sobre las fibras de zapote y fibras de fique, siendo posible su uso en prendas de vestir. De la misma manera, el colorante de la semilla de aguacate se ha empleado para teñir fibras textiles de algodón, según Eck (1991), dicha coloración se debe a la proantocianidina timérica que presenta un color violeta (Pineda y Saldarriaga, 2005). La remolacha también se ha demostrado a través de un trabajo de seminario, que el colorante presenta alta adhesión a la fibra de algodón, siendo intransferible a otras fibras durante el lavado (Ramos y Cardenas, 2017).

Los colorantes naturales presentan de igual importancia en la elaboración de cosméticos, donde Barahona, (2015), en su investigación de tesis, utilizó los pigmentos naturales de la remolacha, principalmente las betalaínas para la elaboración de sombras cosméticas en polvo, obteniendo un color rosa pálido. En otra investigación, se caracterizó los pigmentos antociánicos de la rosa de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) para ser utilizado como alternativa de consumo de colorante artificial rojo no. 40 (Arriaga, 2007).

Las investigaciones previamente mencionadas son resultados y soluciones que se han presentado ante el uso de colorantes sintéticos que han ocasionado efectos tóxicos, siendo los colorantes naturales una alternativa de ellos. Hoy en día, la búsqueda de más colorantes naturales ha sido de gran escala para la industria cosmética, alimenticia y textil, siendo además la razón para concientizar la preservación del medio ambiente, el desarrollo sostenible y el cuidado personal sin riesgos a la salud.

### 3.1. *Bixa orellana* L. (Achiote)

#### 3.1.1. Composición Química

Las semillas del achiote son las más utilizadas por su pigmentación natural, se debe principalmente a su composición química.

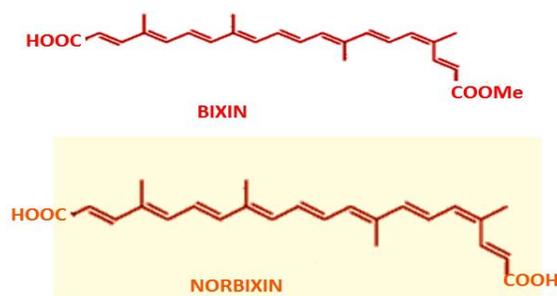
**3.1.1.1.Semillas:** contienen bixinato de sodio, ácido tomentósico, bixina, betacaroteno, pectina, carotenoides expresados como provitamina A, vitamina A, luteína, metilbixina, norbixina y zeaxantina (Indecopi, 2015). Se encuentran los siguientes metabolitos:

- **Carotenoides:** bixina, norbixina (fig. 1), orellina, betacaroteno, criptoxantina, metilbixina, zeaxantina, mono y sesquiterpenos, entre los que destaca el ishwarane (Indecopi, 2015).
- **Flavonoides:** glucósido de apigenina, bisulfato de apigenina, bisulfato de luteolina, ácido tomentósico, vitaminas A, B, C, proteínas, azúcares y celulosa (Indecopi, 2015).

La bixina y la norbixina son uno de los mayores constituyentes del achiote responsables de la pigmentación natural, la cantidad de ambas varía significativamente; los valores comunes son de 2-5% pero puede alcanzar hasta 7% del peso seco de las semillas (Instituto Nacional de Salud, 2010).

Además, las semillas contienen 14.35% de proteínas y 25.6% de fibra bruta, tiene un alto contenido de fósforo y un bajo contenido de calcio (Jara, Saavedra, Avalos, Freyre y Ayala, 2018).

**Fig. 1.** Estructura química de norbixina y bixina



Fuente: Giridhar, Venugopalan & Parimalan, 2013

### **3.1.2. Uso del pigmento de *Bixa orellana* L.**

La semilla de *Bixa orellana* L. posee un pigmento denominado anato, el cual es extraído principalmente de la cubierta exterior resinosa de las semillas de la planta y está compuesto por los pigmentos apocarotenoides bixina (*cis*-bixina) y en menor cantidad la norbixina, siendo éstos los principales pigmentos del achiote (Jara, Saavedra, Avalos, Freyre y Ayala, 2018). El color de los apocarotenoides se debe a los cromóforos que presentan grupos conjugados, ya que la bixina y la norbixina poseen 9 enlaces dobles en su estructura, esto mismo brinda efecto fotoprotector (ver fig.1) (Giridhar, Venugopalan & Parimalan, 2013).

El anato no presenta genotoxicidad ni cancerogenicidad en la concentración más alta (1000 ppm), por lo que se ha podido utilizar ampliamente como un colorante alimentario de color rojo-anaranjado, especialmente para colorear productos lácteos, cárnicos, helados y también en otras áreas como cerámica, barnices, tinte de textil y medicamentos (Jara, Saavedra, Avalos, Freyre y Ayala, 2018).

### **3.1.3. Uso del pigmento de *Bixa orellana* L. en la industria cosmética**

El achiote fue utilizado desde la precolombina como pintura para el cuerpo y rostro con el propósito de seguir rituales religiosos y para protegerse de la picadura de mosquitos y otros insectos (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal, 2007). Su inicio en la industria cosmética ha sido reciente y se ha aprovechado su materia prima en la fabricación de lápices labiales y rubores. Se ha utilizado como fragancia en cremas cosméticas, lociones, cremas bronceadoras y maquillaje para ojo (Smolinske, 2018). El achiote es considerado como colorante aditivo seguro para el uso cosmético, incluyendo aquellos utilizados en el área ocular (Office of the Federal Register, 2014).

Actualmente, se ha visto el uso de achiote en marcas prestigiosas como Clarins, que ha desarrollado un tinte oleoso para labios, utilizando el aceite y el pigmento del achiote para crear el brillo labial Red Berry y promete que dicho producto hidrata y mejora la textura de los labios (Clarins, 2018).

El achiote es conocido en inglés como Lipstick Tree, debido a su intenso color como pigmento. La marca Tarte Cosmetics ha desarrollado un kit cosmético a base de achiote, siendo un lápiz labial, un brillo labial y un rubor, que ha sido muy cotizado entre las mujeres juveniles (Jenny & Yen, 21 de diciembre 2012).

#### **3.1.4. Toxicidad del Achiote**

Los pigmentos del achiote (anato), la bixina y la norbixina, son clasificados como colorantes naturales, derivados de origen vegetal. El anato es conocido como E160b, según el sistema de clasificación de la Unión Europea para Aditivos Alimentarios y lo reconoce como un tinte naranja-rojizo obtenido de la semilla del achiote y se encuentra entre el listado de colorantes aditivos aprobado para su uso (Kumar, Venkatesh & Kumar, 2017). Incluso, el anato es aceptado para su uso en productos cosméticos sin tener un límite máximo de concentración, de acuerdo con la “Lista de Colorantes permitidos en productos cosméticos” de la Unión Europea (European Union Open Data Portal, 2018).

Para la Administración de Alimentos y Medicamentos o conocida como FDA (US Food and Drug Administration), el anato, junto con otros colorantes naturales, se encuentran en la clasificación de “Aditivos de Colorantes Exentos de Certificación”, lo que indica, que la certificación de dicho aditivo de color no es necesaria para la protección de la salud pública, y, por lo tanto, los lotes de los mismo están exentos de los requisitos de certificación de la ley. El anato se encuentra bajo el código de 73.2030, en la lista de Regulación de Colorantes Aditivos, específicamente en la lista “Título 21 del Código de Regulaciones Federales (CFR), Parte 73, subparte C” de la FDA. La Parte 73 es el listado de Colorantes Aditivos exentos de Certificación y que están permitidos su uso en productos cosméticos. Según las especificaciones, el anato puede ser utilizado en cosméticos en general, como su uso para labiales, el uso externo e incluso en los productos que se encuentran en la zona de la vista (FDA, 2018).

### 3.1.5. Características y procesos de identificación del anato

El anato se caracteriza en poseer un color naranja rojizo que puede alcanzar al color amarillo al agregarle más agua y variando el pH (rango aceptable 2.0-14.0). Posee un olor particular levemente dulce y un sabor salino poco amargo (Giridhar, Venugopalan & Parimalan, 2013). El anato se puede encontrar en varias presentaciones comerciales, desde las semillas del achiote, donde cada semilla presenta una forma granular acorazonada con coloración naranja-rojiza. También se encuentra en presentación de pasta, polvo y soluciones oleosas.

En presentación de pasta, presenta una coloración naranja-rojiza con olor característico del achiote. El polvo de las semillas del achiote presenta una apariencia fina ( $< 250 \mu\text{m}$ ) de coloración rojo-ladrillo, con el olor característico del achiote. La solución oleosa del extracto de las semillas de achiote, presentan una coloración desde amarilla a roja (Pubchem, 2006 y Smith, 2006)

**3.1.5.1. Bixina:** es un apocaroteno altamente insaturado y es el principal constituyente colorante del achiote. Se encuentra en la cubierta exterior de la semilla del fruto (el arilo de la semilla), representando más del 80% de los pigmentos presentes. Actualmente, es el colorante de gran interés comercial que puede ser empleado en la industria alimentaria, en la industria cosmética y en la industria farmacéutica, tanto en el mercado internacional y nacional (Murillo, 2009).

La bixina ( $\text{C}_{25}\text{H}_{30}\text{O}_4$ ) es una sustancia cristalina con dobles enlaces conjugados que actúan como cromóforos y le confiere el color rojo oscuro característico, ya que cubre el espectro de colores desde amarillo claro hasta naranja-rojo oscuro. Es soluble en alcohol, aceites y grasas e insoluble en agua y es utilizado como colorante natural en productos industrializados (Arroyave y Gómez, 2006, Indecopi, 2015 y Jara, et. al., 2018). El grupo metil éster de la bixina es lo que le brinda la propiedad de ser liposoluble. Por lo que, al someter a la bixina en una solución caliente alcalina, se forma una molécula de metanol y una sal dipotásica que, por acidificación, produce el ácido dibásico norbixina ( $\text{C}_{24}\text{H}_{28}\text{O}_4$ ), pigmento carotenoide que es soluble

al agua, debido al ácido dicarboxílico (Giridhar, Venugopalan & Parimalan, 2013 y Pineda y Saldarriaga, 2005).

**3.1.5.2. Norbixina:** En las semillas también se encuentran pequeñas cantidades de norbixina, aparte de la bixina. La norbixina, un tipo de apocarotenoide (derivado del carotenoide), es uno de los principales pigmentos del achiote con valor comercial, es de color amarillo, soluble en agua e insoluble en grasas. La composición de los extractos obtenidos varía según el método utilizado, debido a que la bixina se isomeriza con el calor aumentando el contenido de isobixina y se hidroliza en medio alcalino dando lugar a la norbixina Jara, et. al., 2018). La norbixina en medio álcali, actúa como una sal de sodio o de potasio, por lo que le confiere dicha solubilidad en agua, siendo eficaz en cuanto al efecto tintóreo en formulaciones a base de agua (Giridhar, Venugopalan & Parimalan, 2013).

Tanto la bixina y la norbixina tienen la capacidad tintórea, debido a su estructura altamente insaturado, debido a sus dobles enlaces conjugados, que actúan como cromóforos. En la práctica, la bixina y la norbixina presentan buena fotoestabilidad en comparación de otros carotenoides, también presentan termoestabilidad, principalmente en los procesos alimentarios, pero similar a otros carotenoides antioxidantes, ambos son inestables a la presencia atmosférica (Giridhar, Venugopalan & Parimalan, 2013).

### **3.1.6. Pruebas de identificación**

#### **3.1.6.1. Ensayo general para carotenoides**

Los carotenoides son conocidos como compuestos lipocromos o cromo lípidos, ya que son pigmentos oleosolubles. Cuando son sometidos a una solución concentrada de ácido sulfúrico y cloroformo, aparece una coloración azul, lo que indica la presencia de carotenoides (Singh, 2007).

#### **3.1.6.2. Análisis UV-Vis**

La espectrofotometría es utilizada para determinar la concentración de una sustancia e identificarla. Se basa en la cuantificación de la cantidad de

energía radiante absorbida por las moléculas de una muestra en función de las longitudes de onda específicas.

Las aplicaciones de esta técnica son útiles para detectar grupos cromóforos y en la determinación cuantitativa de soluciones de iones metálicos de transición y compuestos orgánicos muy conjugados (Skoog, West, Holler y Crouch, 2015).

### **3.1.6.2.1. Caracterización de carotenoides**

Los carotenoides se caracterizan por tener una serie de enlaces conjugados y la mayoría de los carotenoides absorben en un rango de 400-500 nm, con un pico mayor alrededor de 450 nm y usualmente dos picos menores, uno a cada lado. La información que se obtiene del espectro ayuda a distinguir e identificar diferentes especies de carotenoides. A través del UV-Vis se obtiene información del cromóforo del carotenoide. Generalmente, los carotenoides presentan 3 o más o menos picos distintivos en lugar de un pico característico, usualmente el tercer pico se manifiesta en los isómeros “cis” de los carotenoides (Herrera, 2018).

La selección de solvente influye en cómo se manifiesta en el espectro, el uso de 0.5% de hidróxido de potasio (KOH) presenta una absorbancia ( $\lambda_{\max}$ ) a 452 nm con una absortividad  $E^{1\%}$  2887 y en 483 nm con absortividad  $E^{1\%}$  2546 para la norbixina (Silva, García, Brito y Carvalho, 2018). Con el uso de acetona como solvente presenta una alta eficacia para el análisis del pigmento de achiote, donde se obtiene una absorbancia máxima en 487 nm, 457 nm y 429 nm (Rahmalia, Fabre y Mouloungui, 2015). Con cloroformo, la bixina tiene una absorbancia máxima en 509.5, 475 y 443 nm, con absortividad  $E^{1\%}$  2870 a 502 nm y la norbixina presenta  $\lambda_{\max}$  428 nm y una absortividad  $E^{1\%}$  de 2870 a 428 nm en NaOH a 0,1 N (Aguirre, 2017).

El cloroformo se ha utilizado como solvente para determinar el pico de absorción de la bixina. Generalmente se toman en cuenta principalmente dos, el pico máximo que absorbe a 471 nm y el segundo pico es de 503 nm. El hidróxido de sodio (NaOH 0.1 N) es utilizado como solvente para determinar el pico de absorción de la norbixina, siendo el pico máximo en 453 nm y el segundo pico en 482 nm (Levy & Rivadeneira, 2007).

## **3.2. Colorantes para cabello**

Es importante entender ciertos conceptos en cuanto a la coloración, en la química del color, los que se denominan pigmento, es el que generalmente es insoluble en el vehículo (formando una suspensión) y presenta una absorción característica y selectiva de la luz incidente, es decir cambia el color de la luz que refleja como resultado de la absorción selectiva del color. Mientras que un tinte, es soluble en el vehículo (resultando en una solución) y un colorante, puede ser un pigmento o tinte, ya sea natural o sintético empleados para dar color (Ibanez, 2014 y Ramos y Cardenas, 2017).

### **3.2.1. Tipos de colorantes dependiendo de su origen**

**3.2.1.1. Colorantes vegetales:** estos colorantes se obtienen de la maceración y extracción de plantas, raíces y cortezas de árboles. Por su composición, son afines a las proteínas de la fibra capilar, por lo que sus moléculas se adhieren al tallo formando una película superficial en la cutícula sin penetrar el córtex (Zaera y Fort, 2013).

Son progresivos, que se oxidan con el oxígeno atmosférico, por lo que aportan el color tras sucesivas aplicaciones. Los colorantes naturales más utilizados son:

- Henna: el pigmento es obtenido de sus hojas. Se obtienen un polvo amarillo-verde luego de la trituration y secado de hojas. Aporta una coloración caoba o marrón anaranjado en cabellos oscuros.
- Camomila: la coloración amarillenta es obtenida por sus flores, dando una coloración amarillo moreno al cabello.
- Índigo: se obtienen un color azul verdoso y en ocasiones se mezcla con la henna para lograr tonos marrones a negros.

**Mecanismo de acción:** los colorantes vegetales no penetran la estructura del cabello, su forma de actuar es que recubren superficialmente la cutícula, aunque si se aplican varias veces, pueden modificar el color natural de cabello, debido a los metabolitos secundarios como los taninos, que ayudan a la fijación del color negro (Zaera y Fort, 2013).

**3.2.1.2. Tintes metálicos:** los tintes a base de sales metálicas han sido empleados desde la antigüedad, sin embargo, hoy en día han limitado su uso debido a su alta toxicidad y a su incompatibilidad con las operaciones de permanencia y decoloración. Estos productos suelen ser de uso doméstico y se basan esencialmente en sales de plomo y plata, producen un oscurecimiento progresivo hasta alcanzar un color negro mate y poco estético (Zaera y Fort, 2013).

#### **Mecanismo de acción**

No se tiene certeza de si los colores que producen tales compuestos se deben a los sulfuros que se forman por reacción entre las sales metálicas y el azufre de la queratina del cabello que oscurecen las proteínas o a los óxidos metálicos formados por la queratina al reducir las sales metálicas. Es posible que tenga lugar ambas reacciones, el resultado obtenido es el depósito de una película coloreada a lo largo del tallo del pelo. Su aplicación diaria logra el grado de coloración en los cabellos canos al depositarse sobre la cutícula. Sin embargo, si se dejan de aplicar, el color progresivamente se pierde (Zaera y Fort, 2013).

**3.2.1.3. Tintes sintéticos:** son productos que se obtienen a través de procesos químicos que se elaboran en laboratorios y su composición es la formación de colorantes artificiales (Zaera y Fort, 2013).

#### **3.2.2. Tipos de colorantes dependiendo de su duración**

Según el tiempo que permanece el producto en el cabello luego de la coloración, los colorantes se clasifican en tres categorías:

### **3.2.2.1. Colorantes temporales o fugaces**

Estos productos son los que aportan una rápida y simple modificación del color del cabello y se eliminan en el primer lavado con el champú. Generalmente son a base de vegetales, no contienen en su composición glicoles ni isopropanol, por lo tanto, presentan escasa toxicidad (Rodríguez y Franco, 2000).

Dentro de esta categoría se encuentran los productos comerciales que se conocen como aclarados colorantes, que aportan un reflejo a los cabellos naturales y/o coloreados, también son utilizados para eliminar el tono amarillento o blanco de las canas (tonos gris ceniza, plata, perla) (Zaera y Fort, 2013 y Wilkinson y Moore, 1990).

#### **Mecanismo de acción**

Estos productos utilizan colores de elevado peso molecular que se depositan únicamente sobre la superficie del pelo, la cutícula, sin penetrar el córtex (capa media-interna). Añaden coloración, pero no aclaran el color natural. Este efecto dura poco tiempo debido a que la acción del champú hace que el colorante se desprenda de la fibra capilar en el primer lavado (Zaera y Fort, 2013 y Wilkinson y Moore, 1990).

Las sustancias colorantes utilizadas generalmente son colorantes básicos, ácidos y dispersos, pigmentos o tintes metalizados, perteneciendo mayoritariamente a las clases químicas: azo, antraquinona, trifenilmetano, fenazínico, xanténico o benzoquinonaimina (Wilkinson y Moore, 1990).

### **3.2.2.2. Colorantes semipermanentes o coloración directa**

Son colorantes capaces de producir en el color natural del cabello una modificación más resistente que los colorantes temporales, es decir resisten varios lavados (tres a seis u ocho lavadas, pero cuya fijación es más pobre que la de los colorantes permanentes. Estos no implican el uso de oxidante (no contienen peróxido) para el desarrollo del color, por lo que también se denominan coloración directa. Estos productos suelen estar preparados para su empleo

inmediato y de fácil aplicación, generalmente sobre el cabello húmedo recién lavado (Zaera y Fort, 2013 y Wilkinson y Moore, 1990).

Los colorantes semipermanentes son utilizados generalmente en cabellos no decolorados, es decir natural, para cubrir las canas, realzar el color o cubrir tonos no deseados. Sin embargo, éstos no aclaran el pelo, por lo que el color deseado varía de acuerdo con el color original del cabello del cliente (Baki & Alexander, 2015).

El objetivo principal de estos colorantes es cubrir parcialmente las canas no presentan generalmente problemas de alergias, por lo que suelen ser la solución para personas que no pueden utilizar los tintes de oxidación. Estos productos aportan luminosidad a cabellos coloreados que han perdido su brillo, no tiñen sustancialmente el cabello, por lo que no la dañan, más bien renueva su color natural (Alzate y Díaz, 2006). Su empleo es inmediato y fácil de aplicar, generalmente sobre cabello húmedo recién lavado (Zaera y Fort, 2013).

### **Mecanismo de acción**

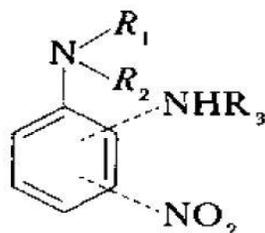
Estos colorantes son de bajo peso molecular que tienen buena afinidad con la queratina del pelo, por lo que son capaces de penetrar en el córtex. Su duración depende de la permeabilidad o porosidad del cabello (Zaera y Fort, 2013).

Estos colorantes son indispensables en cuanto a la formulación práctica, ya que también su presencia es indispensable en la formulación de colorantes permanentes (colorantes de oxidación). Algunos de estos colorantes son capaces de proporcionar tonos de cabellos que varían del amarillo al naranja y esta contribución es clave para proporcionar tonos cobrizos (Wilkinson y Moore, 1990).

La mayoría de estos colorantes pertenecen a las clases químicas siguientes:

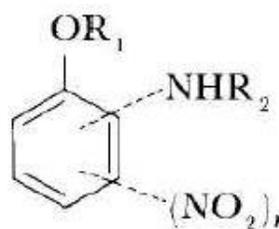
### Nitrofenilendiaminas y Nitroaminofenoles

**Fig. 2:** Estructura química de las Nitrofenilendiaminas



**Fuente:** Wilkinson y Moore, 1990

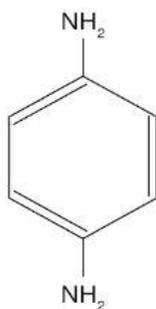
**Fig. 3:** Estructura química de los Nitroaminofenoles



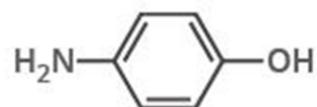
**Fuente:** Wilkinson y Moore, 1990

Según la posición ocupada por grupos  $-\text{NO}_2$  y  $-\text{NHR}_3$ , estos colorantes se consideran como derivados de las diaminas (fig.2), como el 4-nitro-*o*-fenilendiamina, 2-nitro-*p*-fenilendiamina o 4-nitro-*m*-fenilendiamina (Wilkinson y Moore, 1990). La estructura más utilizada para la formulación de colorantes, tanto semipermanentes como permanentes es el *para*-fenilendiamina (PPD) (fig. 4). Los nitroaminofenoles (fig. 3), son otro grupo muy utilizado de igual manera como intermediario primario (precursor del color) al igual que las diaminas. Los aminofenoles más utilizados son el *para*-aminofenol (fig. 5) y el *orto*-aminofenol (Vila y Miranda, 2013).

El grupo nitro aporta directamente el color deseado, se pueden obtener tonos rojizos amarillentos y anaranjados (Vila y Miranda, 2013). Por sucesivas alquilaciones ( $\text{R}_1$ ,  $\text{R}_2$ ,  $\text{R}_3$ ), partiendo de las nitrofenilendiaminas que por sí son excelentes colorantes, se puede incrementar la intensidad del color. Según las posiciones de los grupos nitro y amino, se producen varios colorantes (Wilkinson y Moore, 1990).

**Fig. 4.** Ejemplo de nitrofenildiaminas:*para*-fenilendiamina**Fuente:** Vila y Miranda, 2013**Fig. 5.** Ejemplo de

nitroaminofenoles:

*para*-aminofenol**Fuente:** Vila y Miranda, 2013

A pesar de que estas estructuras sintéticas son muy utilizadas en la industria de colorantes para cabello y son bastantes eficientes en brindar el color deseado al cliente, se ha tratado de minimizar o buscar sustituyentes de estos compuestos, ya que se han relacionado el uso de éstos con efectos perjudiciales a la salud.

Se ha reportado casos severos de dermatitis tanto de tipo facial como de cuero cabelludo por el uso principalmente de colorantes permanentes. Uno de los compuestos con alta potencia de causar alergia y dermatitis en humanos es el colorante *para*-fenilendiamina (PPD). Este compuesto está prohibido su uso en países como Alemania, Francia y Suecia, debido a sus efectos perjudiciales para la salud. De acuerdo con el Instituto de Dermatología de St. John, los pacientes alérgicos a los productos de colorante para cabello han presentado dermatitis alrededor de la cara, frente, línea del cabello y orejas, donde dichas zonas están expuestas y en contacto al producto durante su aplicación.

Los aminofenoles también son utilizados en productos de coloración para el cabello, otorgando una gama de colores rojos, amarillos y café. Su uso también se ha visto para la revelación de fotos y en preparaciones farmacéuticas. Estos compuestos son altamente tóxicos al ser ingeridos, inhalados o absorbido por la piel, ya que pueden causar irritación, rash y sensibilidad a la piel. Los más utilizados para la elaboración de colorantes permanentes y semipermanentes son el *m*-aminofenol, *o*-aminofenol y *p*-aminofenol a una concentración mayor de

5%. Los aminofenoles pueden ocasionar dermatitis, efectos genotóxicos, carcinógenos y teratogénicos (Mellowship, 2009).

### **Aminoantraquinonas**

Las aminoantraquinonas forman una gama completa de colorantes basados en amino e hidroxiantraquinonas con varios sustituyentes. Las aminoantraquinonas proporcionan tonalidades y reflejos grises, por lo que utilizan sobre todo para cubrir las primeras canas (Vila y Miranda, 2013).

### **Otros colorantes**

Otros numerosos colorantes se pueden utilizar en la formulación de colorantes semipermanentes, en general como auxiliares que sirven para modificar el tono, como: los azo-derivados heterocíclicos, derivados de diazamerociaminas y derivados cuaternarios de aminofenoxazinio (Wilkinson y Moore, 1990).

#### **3.2.2.3. Colorantes permanentes**

También llamados colorantes de oxidación, ya que la formulación de la mayoría de estos productos requiere la presencia de un agente oxidante para conseguir el color, siendo el peróxido de hidrógeno la solución oxidante más empleada, aunque también se utilizan persulfatos o perboratos. El color se desarrolla por reacciones de oxidación y polimerización en medio alcalino en el interior de la propia corteza de la fibra capilar. El amoníaco es el agente alcalino más utilizado y los precursores de color son similares a los compuestos químicos utilizados en los colorantes semipermanentes (Vila y Miranda, 2013 y Rodríguez y Franco, 2000).

Los colorantes permanentes son los más utilizados por su efecto duradero, es decir presentan resistencia al lavado con champú y otros factores externos, tales como cepillado, fricción, luz, entre otros. Las causas que más se emplean estos productos son para cubrir las canas o para probar un distinto color al color natural del pelo.

Generalmente su coloración es duradera hasta que crezca nuevamente el cabello o hasta que se requiera un corte de cabello (Zaera y Fort, 2013 y Wilkinson y Moore, 1990).

### **Mecanismo de acción**

Proporcionan una decoloración previa al proceso de tinción, se clasifica como un proceso de tipo oxidación, por el uso del peróxido de hidrógeno y el amoníaco, como medio alcalino. Una vez decolorado el cabello, se continúa con la siguiente solución o mezcla, donde se encuentran los precursores de color, llamados intermediarios primarios que son incoloros, pero posteriormente, por una serie de reacciones químicas, se producen moléculas coloreadas hasta obtener el color deseado *in situ* en el cabello (Wilkinson y Moore, 1990 y Rodríguez y Franco, 2000).

Las reacciones químicas en la formación de colorantes son reacciones de oxidación y de acoplamiento o condensaciones, realizadas a pH alcalino (generalmente por la presencia de amoníaco) y por la acción de un agente oxidante (peróxido de hidrógeno o derivados sólidos-peróxido de urea o peróxido de melanina). El uso del peróxido de hidrógenos se debe por su acción sobre los precursores y por la capacidad de provocar la decoloración simultánea del pelo que será teñido. Esto ocurre aún más, cuando se utilizan cantidades mayores, ya que actúa sobre los pigmentos de melanina del pelo, que son el origen del color natural, oxidándolos y solubilizándolos (Wilkinson y Moore, 1990).

Esta decoloración que se realiza previamente también tiene acción simultánea con los intermediarios primarios, pero es independiente a ellos, a la coloración. El resultado que se obtiene es que el pelo se vuelve más claro para poder aplicar nuevos tonos con los pigmentos de los colorantes (Wilkinson y Moore, 1990).

### **3.2.3. Características de un colorante para el cabello**

El colorante para cabello es aquel producto que está diseñado para colorear el cabello sin limitar el tiempo de duración que éste se encuentre en el cabello, ya que existen

varios tipos de colorante de acuerdo con su duración (Wilkinson y Moore, 1990). Sin embargo, el colorante debe presentar ciertas características que identifiquen idealmente el producto, siendo las siguientes:

**3.2.3.1. Inocuidad:** a) El colorante no debe lesionar el tallo del pelo, la brillosidad y la textura natural del cabello. b) No debe producir algún efecto irritante, sensibilizante o dermatitis. d) No debe producir efectos tóxicos al contacto de la piel.

Los estudios realizados han indicado que debido a las constantes mejoras en la pureza de la materia prima empleada (colorantes, agentes tensioactivos, polímeros, entre otras) y a los sistemas de formulación han logrado el control de los incisos a) y b). Por otra parte, la cuestión de toxicidad sistémica se ha presentado que, en consideración de las pequeñas cantidades de algunos ingredientes, es posible que penetren la piel al interior del cuerpo. El problema específico puede presentarse en términos de los tres posibles efectos siguientes de los productos químicos:

- Mutagénicos: riesgo que atañe a las generaciones futuras.
- Carcinogénicos: riesgo durante la vida del individuo.
- Teratogénicos: riesgo ligado a la concepción.

(Wilkinson y Moore, 1990)

**3.2.3.2. Adecuada estabilidad física y química sobre el pelo:** el color del pelo teñido debe ser estable al aire, sol, fricción (frotamiento, cepillado) y sudor (Wilkinson y Moore, 1990).

**3.2.3.3. Compatibilidad con otros tratamientos capilares:** no debe presentarse cambios de color, ni decoloración, al aplicar productos de tocador, como brillantina, lociones fijadoras, lacas, productos de ondulación, jabones o shampoo (Wilkinson y Moore, 1990).

En la tabla 1 se describe las características cuantitativas a la hora de que se aplica un colorante para cabello.

**Tabla 1:** Características del colorante de cabello en el proceso de la coloración

<b>Concentración de los colorantes</b>	La cantidad total de todos los colorantes sintéticos para obtener un tono es baja y limitada. Entre 0.01 a 5% en peso medio de tinción aplicado a la cabeza. Sin embargo, la concentración depende del colorante usado como del proceso que se aplica.
<b>Duración del proceso de coloración</b>	El tiempo de contacto de la solución colorante con el cuero cabelludo y cabello es de 5 a 40 minutos.
<b>Cantidad de la solución o producto aplicado</b>	Para una cabeza femenina varía entre 15 y 100 ml.
<b>Frecuencia de aplicación</b>	Para coloraciones temporales es de 1 vez por semana. Coloraciones semipermanentes 1 vez en 3 semanas o al mes. Coloraciones permanentes es de 1 vez al mes o la velocidad de renovación por crecimiento del pelo, aproximadamente 1 cm por mes.

(Wilkinson y Moore, 1990)

**3.2.3.4. Regulación de acuerdo al RTCA 71.03.45:07**

El Reglamento Técnico Centroamericano (RTCA) define como cosmético, toda sustancia o preparado destinado a ser puesto en contacto con las diversas partes superficiales del cuerpo humano (epidermis, sistemas piloso y capilar, uñas, labios y órganos genitales externos) o con los dientes y las mucosas bucales, con el fin exclusivo o principal de limpiarlos, perfumarlos, modificar su aspecto y corregir los olores corporales y/o protegerlos o mantenerlos en buen estado (RTCA, 2007).

**3.2.3.5. Características organolépticas**

De acuerdo con el Reglamento Técnico Centroamericano (RTCA), debe evaluarse en todos los cosméticos, las características organolépticas como el aspecto, sabor, color y olor; entre ellas también se realizan pruebas físicas como pH (RTCA, 2007).

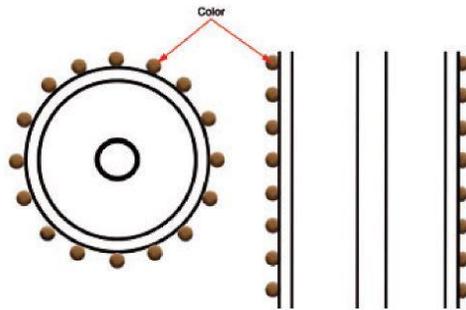
### 3.3. Acción de los colorantes en el cabello

En la sección de anexo (12.2) se encuentra la descripción y el entendimiento del cabello natural. Se describe también la anatomía y química del cabello. (Se recomienda su lectura previa para lograr un mayor entendimiento de cómo es la acción de los colorantes en el cabello).

#### 3.3.1. Colorantes temporales

Los colorantes temporales tienen en su composición, moléculas de gran tamaño, por lo que no penetran en el interior del tallo capilar (no hay penetración al córtex), sino que se depositan en la superficie de la cutícula al evaporarse el disolvente que suele ser alcohol (fig.6) (Vila y Miranda, 2013).

**Fig. 6:** Mecanismo de acción del colorante temporal



**Fuente:** Vila y Miranda, 2013

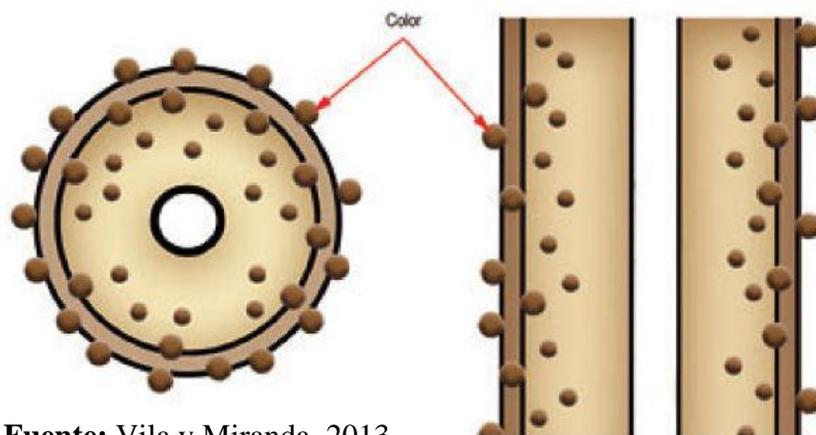
#### 3.3.2. Colorantes semipermanentes

Los colorantes de este tipo poseen menor peso molecular que los colorantes temporales, éstos se fijan a la cutícula con más fuerza dependiendo de la porosidad del cabello y logran penetrar levemente la superficie del córtex (fig. 7). Son más resistentes al lavado y a las condiciones climáticas que los colorantes temporales, tardan generalmente de 6 a 8 semanas o de 5 a 8 lavadas (Vila y Miranda, 2013). El pH de estos productos es levemente alcalino de 7.0-9.0, lo que provoca que la cutícula se hinche y se abra, permitiendo la penetración del colorante hasta llegar a la corteza. Los lavados provocan que se abra la cutícula, lo que permite que el colorante se escape con la cantidad de lavados, esto es debido a la solubilidad de

los compuestos coloreados con el agua y por sus moléculas pequeñas (Baki & Alexander, 2015).

Generalmente, este tipo de colorantes se aplica en cabellos naturales, es decir sin haber pasado por la fase de decoloración, para ya sea cubrir canas, realzar el color o cubrir tonos no deseados. Debe tenerse en cuenta que estos productos no cambian totalmente el cabello del cliente de acuerdo con el color que se presenta comercialmente, es decir no aclaran el cabello. Un ejemplo es si se desea llegar a una coloración de rojo en el cabello, el resultado será distinto en un cabello oscuro que un cabello rubio, ya que el cabello oscuro tiene su color natural de fondo, obteniendo un color café-rojizo oscuro. Mientras que el cabello rubio tendrá como resultado un color rojo más claro, debido a que el fondo que posee naturalmente es claro (Baki & Alexander, 2015).

**Fig. 7:** Mecanismo de acción de los colorantes semipermanentes



**Fuente:** Vila y Miranda, 2013

Estos productos son formulados sin amoníaco, pero pueden utilizar otros agentes alcalinos, lo que lo hace más amigable al cabello que en comparación de los colorantes permanentes. Puede aplicarse directamente o con la ayuda de un activador que se aplica previamente. Este activador promueve que el color o pigmento se desarrolle, abriendo la cutícula y penetrando al córtex con ayuda de un agente alcalino (Altenburgh & Bailey, 2002). Dado al grado de pH alcalino de los agentes alcalinos pueden dañar la hebra del cabello, por lo que en estos productos se utilizan otros agentes que no sean amoníaco y también por la ausencia

del uso de peróxido de hidrógeno su efecto no resulta significativamente dañino al cabello.

La ventaja de este producto es que se puede cubrir los tonos no deseados en el cabello sin provocar daños permanentes al cabello. La desventaja es la incapacidad de producir un color más claro en cabellos oscuros naturalmente o producir cambios muy drásticos. Incluso se ha observado que estos productos pueden producir un cabello rígido y quebradizo, principalmente por ciertos componentes dentro de su formulación como los primarios intermediarios, el más común la *para*-fenilendiamina y el 4-amino-2-nitrofenol (aminofenoles), que también son responsables de reacciones alérgicas y dermatitis. Estos agentes también suelen utilizarse en colorantes permanentes (Thappa, 2009).

### 3.3.3. Colorantes permanentes

Los colorantes permanentes también llamados colorantes de oxidación, son aquellos en los que el color se desarrolla por reacciones de oxidación y polimerización en medio alcalino en el interior de la propia corteza. El medio alcalinizante más utilizado es el amoníaco.

El logro de la coloración de los colorantes permanentes se debe a la decoloración simultánea al proceso de tinción. El agua oxigenada es necesaria para el desarrollo químico de los colorantes, y es responsable de igual manera a la decoloración de los pigmentos naturales del cabello (Vila y Miranda, 2013).

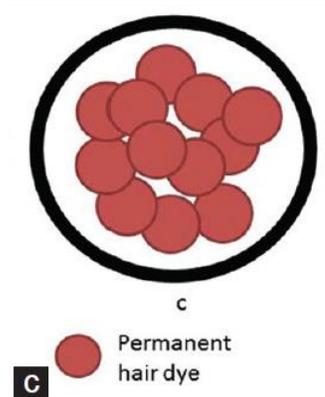
El efecto de los colorantes permanentes se divide en dos procesos:

- **Fase 1:** Decoloración y aclaración de los pigmentos naturales por acción del oxidante, para permitir la coloración posterior.
  - Los precursores de color (que por sí mismos no producen color) se mezclan con el peróxido de hidrogeno, para lograr su acción.
  - El efecto oxidante del peróxido de hidrogeno depende del resultado deseable (10, 20, 30 o 40 ml, siendo el último más potente, por lo que aclara fuertemente el cabello)
  - El peróxido de hidrógeno se descompone en agua y oxígeno.

- **Fase 2:** Coloración por efecto de los pigmentos sintéticos.
  - El efecto combinado con el peróxido de hidrogeno provoca que las moléculas pequeñas de los precursores de color penetren la cutícula y el córtex totalmente.
  - Las moléculas dentro del córtex son oxidadas continuamente hasta formar molecular grandes y coloreadas.
  - Las moléculas aumentadas de tamaño son incapaces de retornar su paso a la cutícula, por lo que quedan atrapadas dentro del córtex. Logrando de esta manera la coloración del colorante permanente.

(Morrison, 2012 y Zaera y Fort, 2013)

**Fig. 8:** Mecanismo de acción de los colorantes permanentes

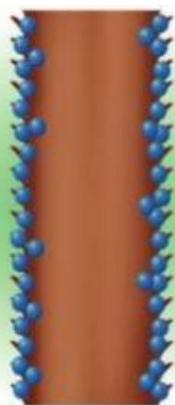


**Fuente:** Indian Journal of Dermatology, Venereology and Leprology, 2013

En la siguiente imagen se puede observar la diferencia entre el mecanismo de acción del colorante temporal, semipermanente y permanente (fase 1 y fase 2) (fig. 9).

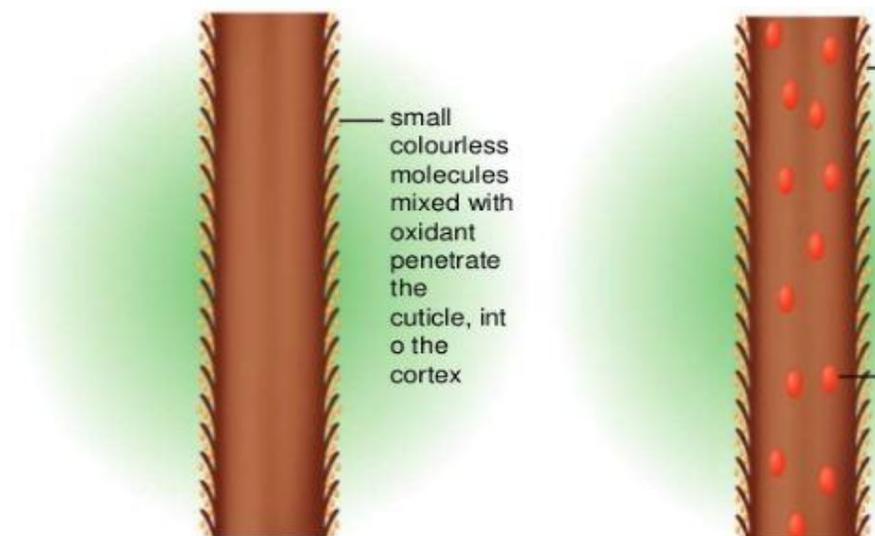
**Fig. 9:** Mecanismo de acción de colorante temporal, semipermanente y permanente

Colorante temporal



Colorante semipermanente





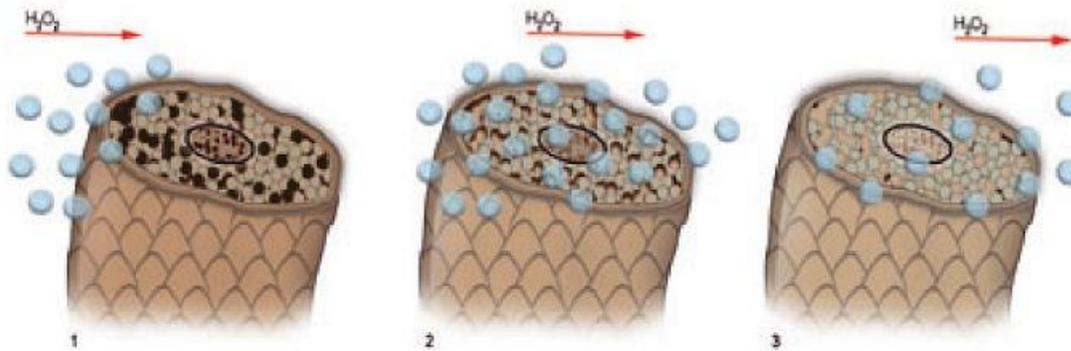
Colorante permanente (fase 1)

Colorante permanente (fase 2)

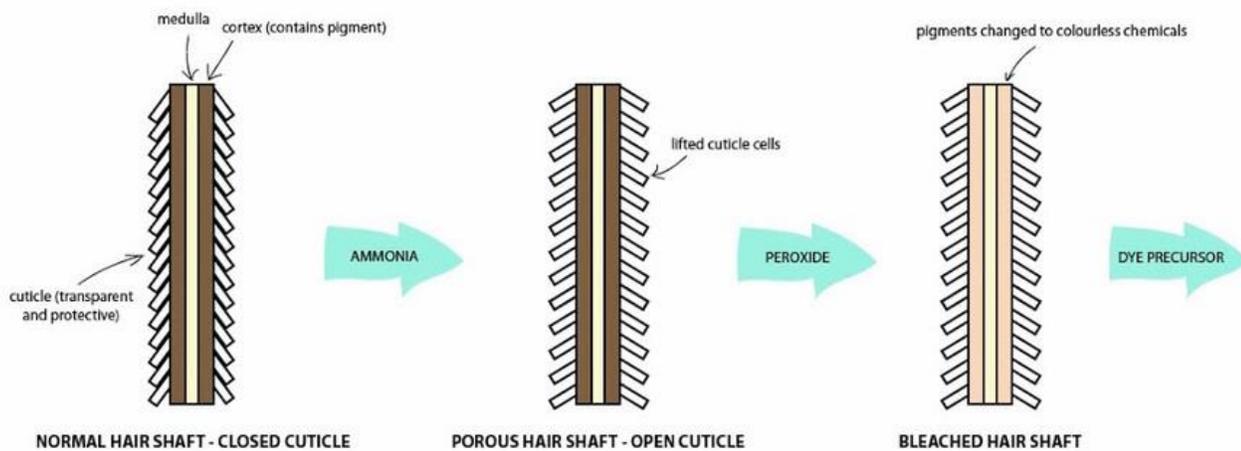
**Fuente:** Morrison, 2012

El proceso de decoloración se da en que los productos alcalinos o un pH alcalino favorecen la descomposición de los productos oxidantes, por lo que logran abrir la cutícula del cabello facilitando la penetración del cosmético en su interior. Su efecto se debe a que cierta manera infla el cabello, lo que hace más accesible la penetración de los precursores de color al interior. En el interior de la corteza los productos oxidantes al descomponerse liberan oxígeno, por lo que éste se combina con la melanina, la solución de peróxido empieza a penetrar y expandirse y a aclarar la melanina en el tallo del cabello, provocando una apariencia más clara (decoloración del cabello) (fig. 10 y fig. 11) (Vila y Miranda, 2013 y Wolfgang, 2007).

El pH natural del cabello y del cuero cabelludo se encuentra entre 4.5 – 5.5, conocido como el “balance isométrico del pH del cabello”. Cuando el pH de cabello llega más de 5.5 provoca el hinchamiento de la cutícula (lo que es ideal para la penetración de las moléculas precursoras del color) y cuando se encuentra por debajo de 4.5, la cutícula se contrae, lo que puede dar una textura aspera o rígida. El pH con que trabajan los colorantes permanentes, es de 9.0-10.5 (otros sugieren hasta 11.6), debido principalmente al amoníaco (Baki & Alexander, 2015). La variación del pH lo define el fabricante, dependiendo al tono que se quiera alcanzar, pero se ha recomendado de evitar que se someta el cabello a un pH mayor a 9.5, debido a que puede dañar la estructura del cabello y más aun cuando el pH es elevado a 10.

**Fig. 10:** Mecanismo de acción de la decoloración

**Fuente:** Vila y Miranda, 2013

**Fig. 11:** Mecanismo de acción de la coloración

**Fuente:** Weebly, s.f.

El agua oxigenada o peróxido de hidrogeno es el agente oxidante más utilizado comúnmente en el teñido permanente del cabello. Cuenta con las siguientes ventajas, al utilizarlo:

- a) Decolora el cabello para obtener mejores resultados y el tono de color deseado
- b) Puede controlarse fácilmente la decoloración
- c) Se puede utilizar con seguridad (Alzate y Díaz, 2006)

A pesar de que el proceso de decoloración es eficiente para aclarar el cabello, principalmente en cabellos oscuros para lograr el tono de color deseado, utiliza

agentes altamente fuertes para nuestro cabello, por lo que puede ocasionar daños estructurales en él.

Los colorantes permanentes son los productos de coloración de cabello más perjudiciales para nuestro cabello, debido a la reacción oxidativa que ocurre en la decoloración. Esto se debe a que debe inflar o hinchar la cutícula del cabello, lo que es un proceso de abertura de la capa externa para lograr ingresar y decolorar los pigmentos naturales de nuestro cabello.

Además, los colorantes permanentes requieren de tres agentes para lograr el color deseado: a) los intermediarios primarios, b) los acopladores que participan también junto con los intermediarios primarios para desarrollar el color en el cabello; y el agente oxidante. Como se mencionó anteriormente, los primarios intermediarios como el *para*-fenilendiamina, son responsables de reacciones alérgicas y dermatitis. Sin mencionar que la decoloración lograda por el peróxido de hidrogeno junto con el amoníaco, pueden ocasionar reacciones alérgicas, son las responsables de producir daños permanentes internos y externos a la fibra capilar. Finalizado el proceso de decoloración, se ha visto que el cabello pierde 2 – 3% de su peso, debido a la pérdida de queratina, lo que resulta que el cabello sea más propenso a ser inmanejable, opaco, fácilmente enredado, quebradizo y débil (Thappa, 2009).

Debe saberse que un cabello oscuro que desee alcanzar un tono claro debe pasar por varios procesos de decoloración. De acuerdo al color natural del cabello y al color o tono deseado, existen 7 niveles de aclaramiento:

1. Negro
2. Café
3. Rojo
4. Rojo dorado
5. Dorado
6. Amarillo
7. Amarillo pálido

Dicha escala indica por ejemplo que, si un cliente que posee un color natural negro y desea alcanzar el color de amarillo pálido, debe realizar 7 etapas de decoloración, mientras que si un cliente presenta un color natural dorado y desea una coloración de amarillo pálido o claro, debe pasar por tres etapas de decoloración. Mientras más etapas de decoloración, puede dañar el cabello. Para alcanzar tonos o coloraciones muy claras, debe añadirse persulfato de amoníaco o persulfato de potasio junto con el peróxido de hidrogeno con la solución de amoníaco, lo que puede resultar una mezcla fuerte para el cabello (Draelos, 2011).

### **3.3.4. Formulaciones de colorantes semipermanentes**

Existen diversas formulaciones para realizar un colorante semipermanente, que han sido propuestos por distintos investigadores. Se presenta a continuación algunos ejemplos que pueden ser utilizados como guía para la elaboración del colorante.

**3.3.4.1. Colorantes semipermanentes:** se caracterizan como se había mencionado anteriormente en que estos productos no requieren o al menos en poca cantidad un agente oxidante. La coloración que brindan estos colorantes se requiere de 5 a 8 lavados para que gradualmente se elimine del cabello (Sharma, Gadiya & Dhanawat, 2018). La duración de este producto puede ser mayor si el cabello se encuentra dañado o poroso (Baki & Alexander, 2015). Las formas de presentación de los colorantes semipermanentes pueden ser en:

- Champú: donde éstos aportan coloración en el momento del lavado del cabello requieren de mayores concentraciones de sustancias colorantes, ya que el propio lavado de los detergentes disminuye la capacidad de tinción (Vila y Miranda, 2013).
- Cremas, espumas, geles y lociones son los que se pueden encontrar en el mercado. Estos se aplican sobre el cabello lavado y húmedo y se deja actuar unos 25 minutos, dependiendo del cosmético y de la intensidad que se desee obtener; pasado el tiempo de exposición, se aclara únicamente con agua (Vila y Miranda, 2013).

Los colorantes semipermanentes están compuestos generalmente de:

- a) Colorante o precursor del color
  - b) Agente alcalino
  - c) Solvente
  - d) Surfactante
  - e) Espesante
  - f) Fragancia
  - g) Agua
- (Baki & Alexander, 2015)

Según otro autor, los colorantes semipermanentes están compuestos des:

- a) Colorante o precursor del color
- b) Agua
- c) Solventes orgánicos como alcohol, derivados del glicol
- d) Ácido graso o amida del ácido graso
- e) Espesante
- f) Surfactante
- g) Antioxidante
- h) Fragancia
- i) Aminos alifáticos primarios que tienen la función de ser co-solventes y buffer (ejemplos: 2-amino, 2-metilpropanol)

(Sharma, Gadiya & Dhanawat, 2018)

- a) **El colorante o pigmento:** es el compuesto que dará la coloración al cabello con ayuda de un medio alcalino. Los intermediarios primarios que más se utilizan para este tipo de colorantes son las nitrofenilendiaminas, nitroaminofenoles y los colorantes de tipo azo (Baki & Alexander, 2015). Al variar la concentración de los intermediarios como p-fenilendiamina y p-tolueno diamina, puede alcanzarse distintos tonos de color (Sharma, Gadiya & Dhanawat, 2018). En este caso, el colorante a emplear será el achiote en polvo, donde dicha coloración es responsable por los apocarotenoides bixina y norbixina.

La acción del pigmento debe observarse en el cabello previo a su formulación final. Debe tomarse en cuenta los siguientes factores durante su formulación:

- Solubilidad del pigmento
- Efecto del pH al pigmento
- La composición de la base agregada
- El efecto del o de los solventes

(Sharma, Gadiya & Dhanawat, 2018)

- b) **Solvente:** tienen la función de facilitar la solubilidad de los compuestos y permiten que los colorantes se fijen en la queratina del cabello. Los más utilizados son el agua, el etanol, isopropanol, propilenglicol, carbitol y otros esteres de glicol (Vila y Miranda, 2013).
- c) **Alcalinizantes:** permiten la penetración de los colorantes por medio del hinchamiento de las fibras de queratina del cabello. Se utiliza más la trietanolamina ya que es menos potente que el amoníaco y menos perjudicial para el cabello, lo que es ideal para estos productos semipermanentes (Vila y Miranda, 2013).
- d) **Espesante:** permiten la fijación del cosmético y que la formulación tenga la textura deseada. Además evita que el cosmético resbale hacia el rostro y cuello. Los más utilizados son carboximetilcelulosa o goma Xantán (Alcalde y Pozo, 2003). Otros son metilcelulosa, alginato de sodio, alcohol cetílico, carbopol 934, bentonita, etc.
- e) **Surfactantes:** reduce la tensión superficial entre los diferentes compuestos o ingredientes, ayuda a que la preparación sea homogénea (Sharma, Gadiya & Dhanawat, 2018). Los surfactantes anfotéricos son los que se comportan como aniónico o catiónico dependiendo del pH. Su función es que presentan una tendencia a adherirse al cabello, lo que contribuye a la

manejabilidad del cabello. Su ventaja es que no irrita los ojos, y también es utilizado en champús para bebés. El más utilizado es el anfotérico 1-20 (Sheahan, 2011).

- f) **Antioxidante:** durante la manufactura del colorante, un ambiente atmosférico de nitrógeno ayudar a prevenir que el colorante se oscurezca, principalmente en colorantes aminos, ya que éstos se oscurecen en exposición con el aire. Debido a la complicación de un ambiente nitrogenado, se utiliza el sulfito de sodio como antioxidante y se incluye en la preparación. Estos productos ayudan a conservar o impedir que el tinte se deteriore (Sharma, Gadiya & Dhanawat, 2018).
  
- g) **Otros:** también se emplean los tensioactivos, cuya función es favorecer la dispersión de los colorantes de mayor peso molecular y la penetración en el córtex del cabello. Los más utilizados son lauril sulfato sódico, Nonoxynol (familia de los nonoxinolos), entre otros.

También se utilizan, aunque no en todas las formulaciones, los hidrolizados de proteínas como la queratina, soya y colágeno, que presentan acción filmógena que repara los daños en las fibras capilares y disminuyen la irritación por el preparado.

Se incluyen de igual manera sustancias hidratantes como el pantenol y otros aditivos como la fragancia para disminuir el olor de los compuestos de la formulación y conservantes, como el ácido cítrico (Alcalde y Pozo, 2003).

**Tabla 2:** Formulación 1: Colorante semipermanente

Compuesto	Cantidad
Surfactante anfotérico (surfactante)	10 g
Isopropanolamina láurico (surfactante)	1 g
Surfactante no-iónico (surfactante)	5 g
Alcohol oleílico	1 g
Espesante no-iónico	2 g
Colorante o pigmento	2 g
Fragancia	csp (cantidad suficiente para)
Agua (solvente)	Para alcanzar 100 g

**Fuente:** Sharma, Gadiya & Dhanawat, 2018

**Tabla 3:** Formulación 2: Colorante semipermanente

Compuesto	Cantidad
Amonio cuaternario (colorante)	10-12 g
Surfactante aniónico	8-10 g
Acido (Buffer)	6-8 g
Alkanolamida (surfactante)	4-6 g
Colorante o pigmento (color)	1-2 g
Agua (solvente)	Hasta alcanzar a 100 g

**Fuente:** Sharma, Gadiya & Dhanawat, 2018

### 3.4. Entendimiento del color

Según la Real Academia Española (RAE) el color es la sensación producida por los rayos luminosos que impresionan los órganos visuales y que depende de la longitud de onda.

El color define nuestra forma de ver el mundo y de interpretar nuestras emociones. Al observar una imagen, el color es lo primero que se logra observar, seguido luego de los detalles de dicha imagen (Feisner & Reed, 2014).

El color tiene una explicación fisiológica, ya que es la sensación de la luz que se transmite al cerebro a través de la visión. La luz viaja a diferentes longitudes de onda y nuestra percepción del color depende en el resultado de la absorción de los rayos de luz (Feisner & Reed, 2014). Se trata principalmente de la capacidad sensorial que los humanos poseen y esto es debido a los tres conos fotorreceptores diferentes que se encuentran en el ojo, distribuidos por toda la retina con mayor concentración en la mácula. Estos conos, conocidos como cortos (S, proveniente de “short” en inglés), medios (M) y largos (L) actúan en función de la longitud de onda relativa dentro del espectro visible (400-700 nm) a la que son sensibles. Esta característica del humano deduce una visión tricromática, lo cual podemos apreciar colores primarios como el rojo, verde y azul (Levin, Nilsson, Ver Hoeve & Wu, 2011 y Salvador, Lago y Villarosa, 2010).

Los colores primarios o fundamentales, básico o absolutos son los colores que se mezclan entre sí para producir la mayoría de los colores. Al mezclar dos colores primarios se produce el color secundario y al mezclar un secundario con un primario se produce el color terciario. Tradicionalmente, los colores rojo, amarillo y azul se consideran pigmentos primarios, pero hoy en día, existen más sistemas o modelos de la clasificación de los colores primarios (Casas, 2012).

#### **3.4.1. Síntesis aditiva y sustractiva**

Las combinaciones se pueden realizar a través de la síntesis aditiva o la síntesis sustractiva. La síntesis aditiva consiste en el proceso de mezclar colores primarios de luz, conocido como el sistema RGB y se utiliza principalmente en imágenes que son proyectados con monitores, televisores y celulares. También son conocidos como colores primarios aditivos (Casas, 2012 y Middleton, 2018).

La síntesis sustractiva se refiere a la mezcla de pigmentos o tintas como el sistema RYB y el sistema CMYK, que al combinar sus respectivos colores primarios en cantidades equitativas origina el color negro. Se le llama sustractivo porque cuando los colores se combinan, ciertas longitudes de onda se sustraen o se restan de lo que se observa, debido a que se absorbe más la luz y se refleja menos. El sistema CMYK es utilizado principalmente en procesos de impresión (Casas, 2012 y Middleton, 2018).

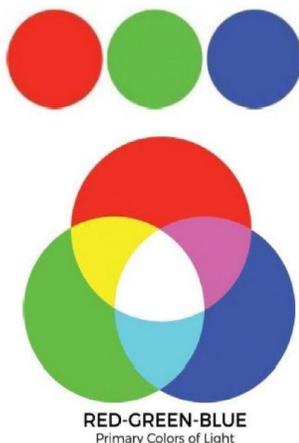
### 3.4.2. Clasificación de colores primarios

A partir de los colores primarios puede establecerse un modelo de color y obtenerse otros colores hasta cubrir todo el espectro visible. Actualmente, existen varios sistemas que clasifican los colores primarios y aun entre la teoría moderna, la distingue entre colores primarios luz y pigmento o tinta. Entre ellos se encuentran:

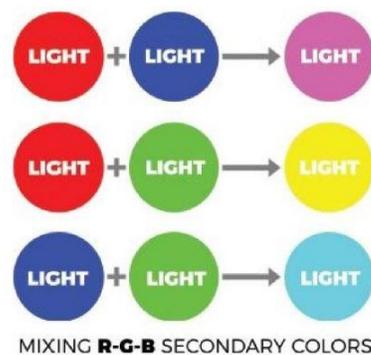
#### 3.4.2.1. Sistema de colores primarios luz o sistema RGB

Está compuesto de los colores primarios rojo, verde y azul (del inglés **R**ed, **G**reen y **B**lue) (fig. 12). Este sistema es utilizado principalmente en monitores de televisores, computadoras o en celulares, lo que permite producir un amplio rango de colores en presencia de una fuente de luz, es decir se emite luz de los tres colores primarios y se produce una gama de colores distintos. Estos colores con presencia de luz o tonos más claros dan origen a los colores secundarios que son el cyan, magenta y amarillo (sistema CMY) (fig. 13). La mezcla en cantidades equivalentes de las tres luces de colores da origen al color blanco, lo que resulta de una síntesis aditiva y la ausencia de ellas da negro, ya no habría luces proyectadas. Si están encendidos a diferentes intensidades se obtienen diferentes colores y si la intensidad es menor, se obtienen tonos grises (Middleton, 2018).

**Fig. 12:** Colores primarios RGB



**Fig. 13:** Colores secundarios provenientes del sistema RGB



**Fuente:** Middleton, 2018

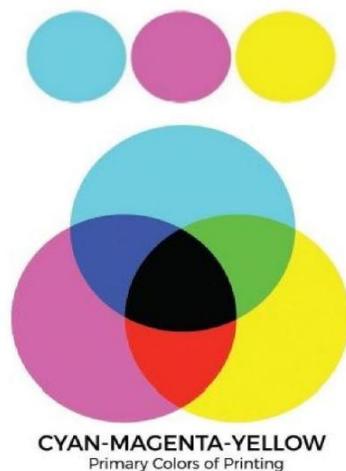
Este modelo consiste en definir un color indicando la cantidad de color rojo, verde y azul que se debe mezclar para obtener dicho color. Es por eso, que se trata de un

modelo de tipo aditivo como anteriormente se mencionó, ya que los colores se obtienen por la suma de otros, los primarios. La cantidad necesaria de cada color se puede expresar de múltiples maneras, como porcentajes o unidades (González, 2015).

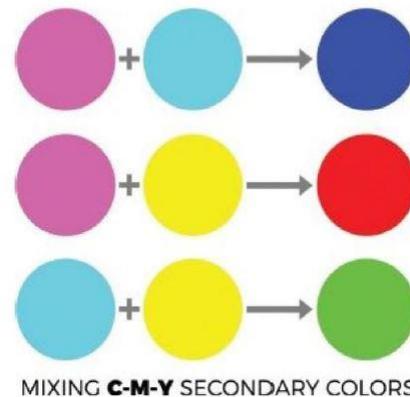
#### 3.4.2.2. Sistema de colores primarios pigmento o sistema CMYK:

Está compuesto de los colores primarios cian, magenta, amarillo y negro (del inglés **Cyan, Magenta, Yellow y Black**) (fig. 14); la mezcla de la triada en partes iguales da origen a tonalidades oscuras como el negro, por lo que se denominan también primarios sustractivos y la ausencia de las tintas da como resultado el blanco, ya que no hay tinta presente. Este sistema es utilizado principalmente en procesos de impresión. La mezcla de esta triada brinda como resultado, a los colores secundarios, lo cuales son el rojo, verde y azul (sistema RGB, fig. 15) (Middleton, 2018).

**Fig. 14:** Colores primarios CMYK



**Fig. 15:** Colores secundarios provenientes del sistema CYM

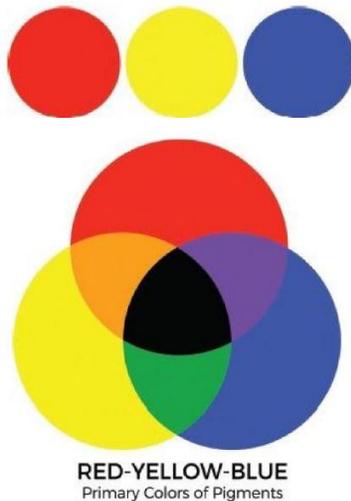
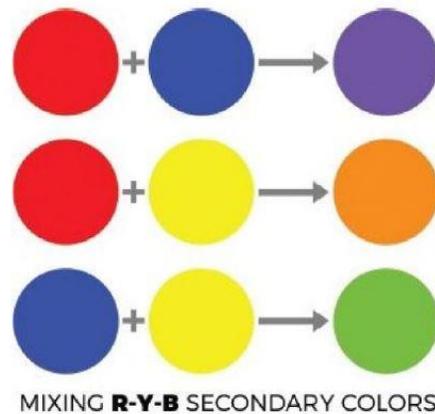


**Fuente:** Middleton, 2018

Existe una reciprocidad entre este sistema CYMK con el sistema RGB, ya que los colores secundarios del sistema RGB son los colores primarios del sistema CYMK y los colores secundarios del sistema CYMK son los colores primarios del sistema RGB.

#### 3.4.2.3. Sistema de colores primarios tradicionales o sistema RYB

Está compuesto de los colores primarios rojo, amarillo y azul, conocido como los colores primarios tradicionales (del inglés **Red, Yellow y Blue**) (fig. 16). Los colores secundarios a este sistema son el naranja, verde y morado (fig. 17) (Middleton, 2018).

**Fig. 16:** Colores primarios RYB**Fig. 17:** Colores secundarios provenientes del sistema RYB

**Fuente:** Middleton, 2018

#### 3.4.2.4. Modelo HSV

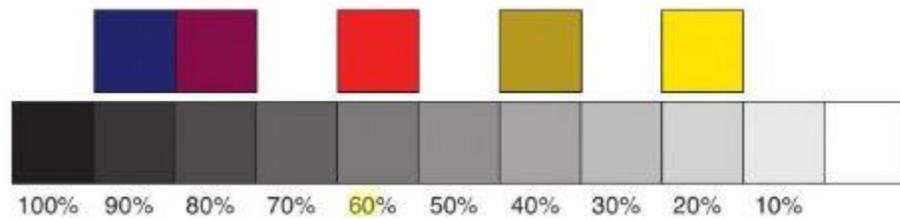
Es importante tener en mente que el color es un fenómeno perceptivo, ya que es nuestro ojo y nuestro cerebro que interpreta esa radiación. Por lo que la Comisión Internacional de la Luz, definió que cada color tiene una serie de atributos o características que lo hacen único y definen su apariencia final, tienen la modalidad de especificar el color percibido. Estas características se encuentran en el modelo HSV. Este modelo viene de los atributos del color, del inglés **H**ue (tonalidad o matiz), **S**aturation (saturación) y **V**alue (valor).

- **Matiz/Tono (Hue en inglés)**

- **Matiz o Tono:** es la cualidad que diferencia un color de otro, puede decirse que se trata matices o tonalidades de un color, por ejemplo, rojo y sus matices y azul y sus matices. Sea la diferencia mínima y muy grande (García, Juanes y Romera, 2011). El matiz se refiere al recorrido o desviación que hace un color hacia uno u otro lado del círculo cromático, por lo que, por ejemplo, el verde amarillento y el verde azulado serán matices o tonalidades diferentes del verde (Muñoz, 2013).

**Escala de matiz:** escala continua de tonos que va desde rojo hasta violeta (del espectro visible) más la discontinuidad que une al violeta con el rojo a través del magenta (Muñoz, 2013) (ver fig.19).

**Fig. 18:** Tonos de colores



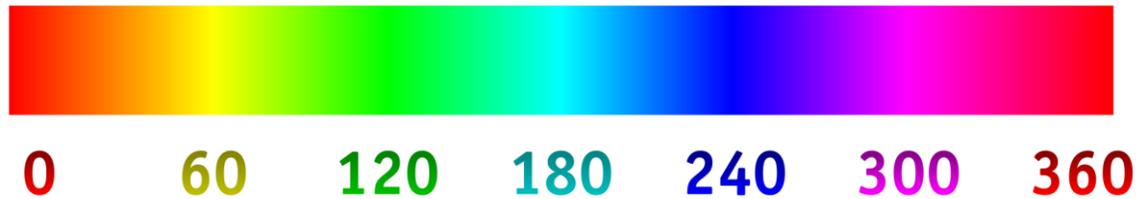
**Fuente:** (García, Juanes y Romera, 2011)

Los diversos matices de color tienen un tono de mayor o menor grado de claridad, aunque a veces no sea fácil apreciarlo. En la fig. 18, se puede observar la equivalencia aproximada de los tonos de cinco colores en relación con una escala tonal del blanco al negro. Junto a esta escala de tonos del blanco al negro, se observa cinco matices diferentes de color. Es evidente que los colores tienen diferentes tonos. El amarillo cuenta con tono más claro que el del violeta (García, Juanes y Romera, 2011).

Para poder determinar el tono que cuenta un matiz únicamente se observa la desviación o el ángulo de recorrido del espectro. Se representa como un grado de ángulo cuyos valores posibles van de 0 a 360°, aunque también se puede representar del 0 al 100%. Cada ángulo en grados corresponde a un color.

- 0° corresponde al rojo
- 60° corresponde al amarillo
- 120° corresponde al verde
- 180° corresponde al cyan
- 240° corresponde al azul
- 300° corresponde al magenta
- 360° = 0° al rojo

(Muñoz, 2013)

**Fig. 19:** Escala de tonalidad

**Fuente:** Kalan, 2007

Incluso existe variaciones del color negro, no necesariamente alcanzan el negro absoluto, por lo que el tono o el matiz varía. Al igual que la saturación y el valor, que a continuación se explican.

	Negro (absoluto)	Negro	Negro (CMYK)
Hex	#000000	#1C1B17	#2B2A29
CMYK	no aplica	(100,100,100,100)	(0,0,0,100)
RGB	(0, 0, 0)	(28, 27, 23)	(43, 42, 41)
HSV	(—°, 0 %, 0 %)	(48°, 18 %, 11 %)	(30°, 5 %, 17 %)
Protocolo	<i>Black (negro web)</i>	1	Tinta negra <sup>8</sup>

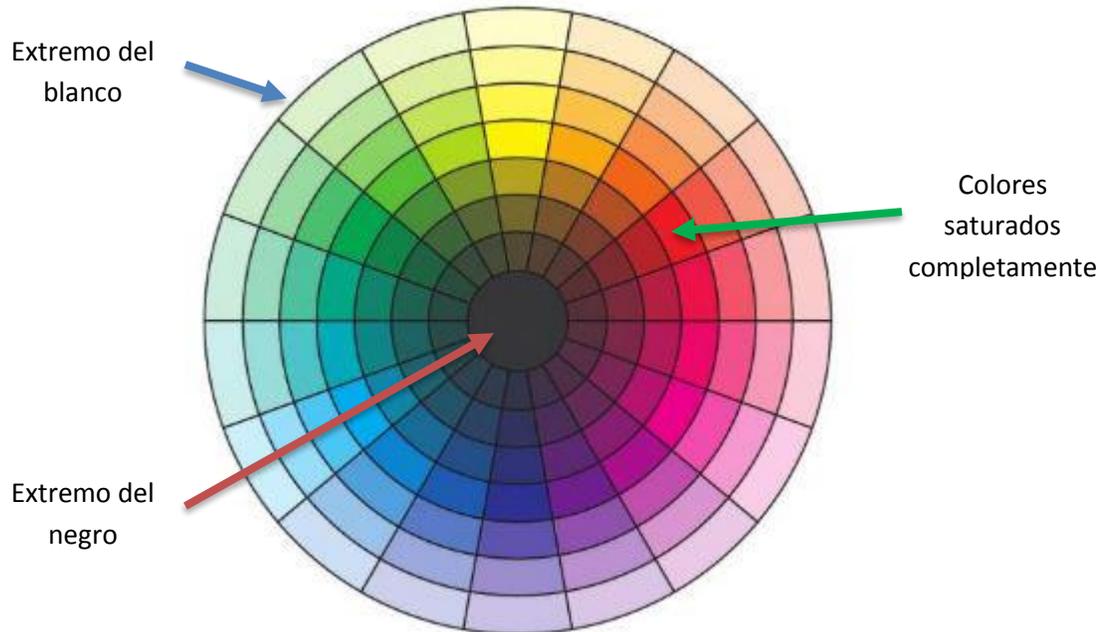
**Fuente:** Gallego y Sanz, 2005.

- **Saturación (*Saturation* en inglés)**

Consiste en el grado de pureza y viveza que tiene un color. Un color intenso tiene apariencia de ser más vivo, por ejemplo, el rojo puro se encuentra altamente saturado, pero disminuye su saturación cuando se le añade blanco, ya que se convierte en rojo pastel, por lo que pierde su pureza y viveza. Lo mismo sucede, cuando se le añade negro, convirtiéndolo en un rojo poco saturado, ya que se ha oscurecido, brindándole un color apagado, por lo que pierde su pureza y viveza. En ambos tonos se cuenta con la misma cantidad de pigmento rojo, pero pierden fuerza ya que el color se diluye oscureciéndolo o aclarándolo. En la siguiente **fig. 20** se presenta la rueda de colores, existe una rueda de colores más intensos, más saturados o considerados más vivos, justo en el medio de ambos extremos. A medida que se avanza a la rueda central de color gris-negro, los colores van perdiendo saturación, ya que se dirigen al negro. Hacia afuera, los colores

también van perdiendo saturación porque van tendiendo cada vez más al blanco (García, Juanes y Romera, 2011).

**Fig. 20** Rueda de colores, representativa a la saturación



**Fuente:** (García, Juanes y Romera, 2011)

**Escala de saturación:** se representa como la distancia al eje del valor negro-blanco. Los valores posibles van del 0 al 100%. A este parámetro también suele llamarse pureza, por la analogía con la pureza colorimétrica. Cuanto más se aleja del eje más saturados son los colores (Muñoz, 2013). En la **fig. 21** indica la interpretación porcentual de la saturación de los colores.

**Fig. 21:** Escala de saturación de colores

100%	vivo o intenso (saturado)
75%	fuerte o profundo
50%	moderado, tierra o agrisado (semisaturado)
25%	débil o semineutro
0%	neutro o acromático (no saturado)

**Fuente:** Kalan, 2007

- **Valor (*Value en inglés*):** es la característica que describe que tan claro u oscuro es un color y se refiere a la cantidad de luz percibida o intensidad lumínica. Indica la mayor cercanía a blanco o al negro, está determinado por la cantidad de luz que un color tiene. Colores más claros tienen valores más altos, como por ejemplo el naranja tiene un valor más alto que el azul marino. El negro tiene el menor valor de todos los colores 0%, mientras que el blanco el más alto 100% (ver **fig. 22**) (González, 2015 y Muñoz, 2013).

**Fig. 22** Pirámide hexagonal regular invertida

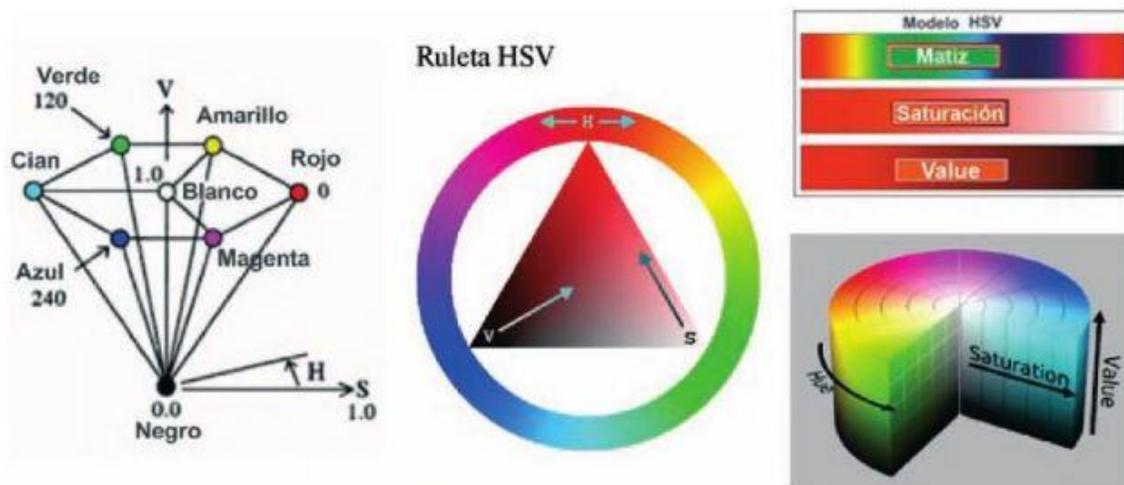


Figura IV-4. El modelo HSV es una pirámide regular exagonal invertida.

**Fuente:** Muñoz, 2013

### 3.4.3. Sistema de color hexadecimal

En el campo de la programación Web (HTML) existe un modelo de notación del color, llamado **RGB hexadecimal** y está conformado por tripletes hexadecimales que conforman un código hexadecimal.

El triplete hexadecimal (HEX triplet) es un código conformado por el símbolo # y 6 cifras que pueden ser números o letras combinadas o solas. Representan un color en el lenguaje de programación HTML y otros programas digitales como gráficos de 3D, gráficos vectoriales (SVG) entre otros. Cada triplete corresponde al valor del modelo RGB, por lo que el **primer** triplete hace referencia al valor Rojo (R), el **segundo** triplete referencia al valor Verde (V) y el **último** triplete hace referencia al Azul (B).

El código utiliza 16 símbolos diferentes que van desde números del 0 al 9 y letras de la A hasta la F, representando valores numéricos del 10 al 15, respectivamente. Es decir luego del 9, continúa la A que equivale a 10, B es 11, C es 12, D es 13, E es 14 y F es 15 (Rhyne, 2017).

### **Interpretación del Sistema de Color Hexadecimal**

Los códigos hexadecimales de HTML se basan en el sistema RGB. Estos códigos se expresan en el sistema de numeración hexadecimal.

- Cuando un color llega a su mayor intensidad o color puro, el valor que lo representa es el 255 en decimal, por ejemplo “FF” en hexadecimal representa dicho número 255.
- Cuando el valor es 00 indica que dicho color es el menos intenso.
- El código hexadecimal de 6 dígitos es basado a una ecuación matemática.

Debe realizarse ciertas operaciones matemáticas para identificar el valor de cada triplete y viene dada por la siguiente fórmula:

**Valor del triplete = (Primera cifra hexadecimal x 16) + (segunda cifra hexadecimal)**

**Ejemplo 1:** el color Rojo puro  viene definida por el código #FF0000. Con la ecuación puede deducirse que pertenece al color rojo, ya que la operación sería de la siguiente manera:

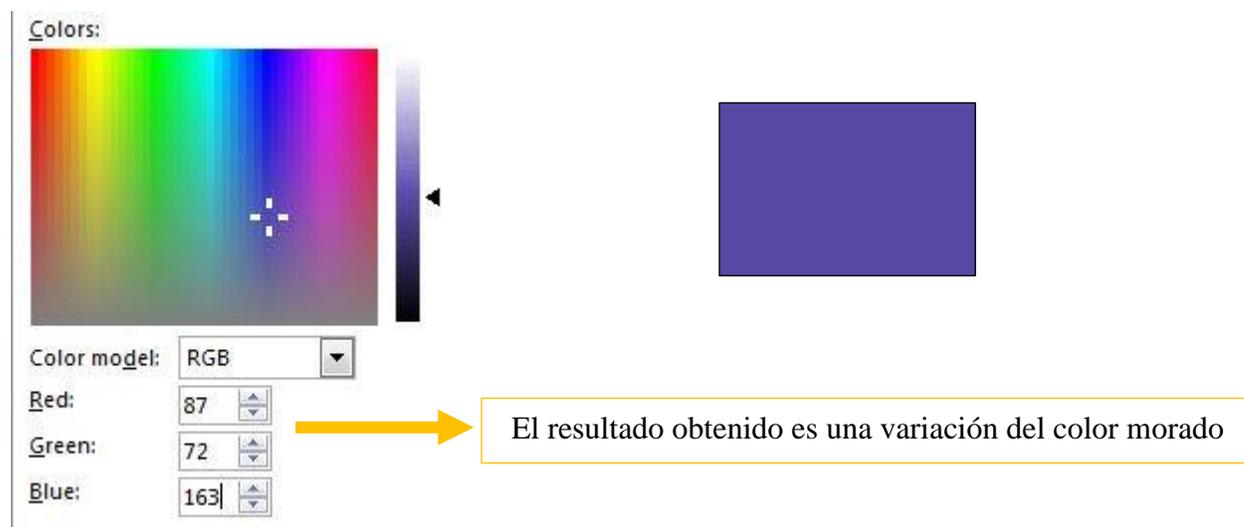
F corresponde a 15 y 0 corresponde a ningún valor, sustituyendo valores y utilizando la ecuación:

$(15 \times 16) + 15 = 255$  en decimal. Esto corresponde que el primer triplete que corresponde al rojo (R) se encuentra a su máximo nivel y no cuenta con el color verde ni azul, ya que están en sus valores mínimos (#FF0000)

**Ejemplo 2:** Se tiene un código hexadecimal siguiente #5748A3, para determinar el color debe aplicarse la ecuación o fórmula.

- **Valor del rojo:**  $(5 \times 16) + 7 = 87$
- **Valor del verde:**  $(4 \times 16) + 8 = 72$
- **Valor del azul:** (A = 10) por lo que  $(10 \times 16) + 3 = 163$

De acuerdo con el resultado de la ecuación, se determina que predomina el color azul sobre el rojo y el verde. Para identificar dicho color se puede ingresar dichos resultados al sistema de color RGB, como se muestra en la imagen siguiente.



En la tabla siguiente se observa el código hexadecimal de los colores primarios del sistema RGB y sus colores secundarios. A su vez puede observarse las características principales de cada color y cómo se representa e interpreta sus valores hexadecimales y decimales.

**Tabla no. 4** Representación de código hexadecimal del sistema RGB

Color	Código hexadecimal	Interpretación decimal	Características
Rojo	# FF0000	RGB= 255, 00, 00	Máximo color de rojo y mínimo en verde y azul
Verde	# 00FF00	RGB= 00, 255, 00	Máximo color de verde y mínimo en rojo y azul
Azul	# 0000FF	RGB= 00, 00, 255	Máximo color de azul y mínimo en rojo y verde
Amarillo	# FFFF00	RGB= 255, 255, 00	Máximo color en rojo y verde, dicha combinación brinda el color amarillo
Cyan	# 00FFFF	RGB= 00, 255, 255	Máximo color en azul y verde, dicha combinación brinda el color cyan
Magenta	# FF00FF	RGB= 255, 00, 255	Máximo color en rojo y azul, dicha combinación brinda el color magenta
Negro	# 000000	RGB= 00, 00, 00	Ausencia de colores. Los tres colores están en el mínimo
Blanco	# FFFFFFFF	RGB= 255, 255, 255	Los tres colores están en su máximo valor equitativamente

**Fuente:** Explicación entendida a través de videos (Homa, 2017 y Dodson, 2017)

## 4. JUSTIFICACIÓN

Las razones usuales para colorear el cabello con productos como tintes de cabello son, cambiar el color natural por otro, colorear los cabellos canos que comienzan a aparecer con la edad o modificar el color del pelo temporalmente para un acontecimiento en particular.

Actualmente, encontramos en los supermercados una variedad de productos para teñir el cabello de diversos colores. La mayoría de estos productos están hechos a base de colores artificiales, conocidos como colorantes o tintes sintéticos o químicos. Estos productos contienen aminas aromáticas en su formulación, lo que pueden causar reacciones alérgicas graves en el cuero cabelludo, además de afectar poco o bastante la estructura del cabello (Kailbeck, 2014). Según el libro de *La Curación del Cáncer* (Murray, Birdsall, Pizzorno y Reilly, 2004) el NHL (National Health Laboratory) indica el uso de tintes químicos de cabello como factor de riesgo para el cáncer.

Es por eso que hoy en día, se prefiere optar por productos de coloración naturales como los colorantes a base de materias vegetales, ya que son más afines a las proteínas de la fibra capilar, el daño a la estructura del cabello y el riesgo de cáncer son menores. Aunque por el momento no exista tanta variedad de colorantes naturales para el cabello en el mercado, se está poniendo en auge la exploración e investigación de recursos naturales para desarrollar no solamente este tipo de productos sino otros productos cosméticos en general.

Por esta razón, se plantea elaborar un colorante semipermanente a partir del polvo de semillas de achiote comercializado, que debido a sus metabolitos carotenoides bixina y norbixina son responsables del color del achiote. Para poder identificar dichos metabolitos, se someterá a espectrofotometría UV-Vis en la investigación. Para evaluar la capacidad tintórea del achiote en el cabello, se realizarán varias pruebas a diferentes pH y tiempo en mechones de cabello virgen liso negro y rubio, hasta obtener la tinción esperada para formular el producto cosmético; que posteriormente será puesto a evaluación organoléptica. De igual manera, se observará los cambios que se generen antes, y después de la tinción de los mechones de cabello virgen, como textura, brillo, olor, retención del tinte y principalmente el color obtenido. Para observar si el color obtenido en los mechones resulta aceptado, se

proporcionará un cuestionario elaborado utilizando diferencial semántico como método de recopilación de datos cualitativos a través de la opinión de personas seleccionadas al azar.

La investigación pretende generar información y conocimiento del achiote como pigmento natural en la elaboración de colorantes semipermanentes para cabello, siendo una posible alternativa no solo frente a colorantes sintéticos sino un producto menos dañino para la salud y mejor opción al cliente a la hora de seleccionar productos colorantes para el cabello.

## 5. OBJETIVOS

### 5.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la capacidad tintórea en mechones de cabello virgen de un colorante semipermanente para cabello elaborado a partir del polvo de semillas de *Bixa orellana* L. (achiote).

### 5.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 5.2.1. Identificar los pigmentos carotenoides del polvo de semillas de achiote comercializado por el método de espectrofotometría UV-VIS.
- 5.2.2. Determinar la capacidad tintórea del colorante obtenido de las semillas de achiote en polvo de acuerdo con diferentes pH y tiempos de exposición en mechones de cabello virgen.
- 5.2.3. Evaluar las características organolépticas del producto cosmético elaborado a partir del pigmento de achiote en polvo.

## 6. HIPÓTESIS

El polvo de semillas de *Bixa orellana* L. (achiote) presenta capacidad tintórea en mechones de cabello liso virgen rubio y negro.

## 7. MATERIALES Y MÉTODOS

### 7.1. Universo y Muestra

#### 7.1.1. Universo

Polvo de semillas de achiote (*Bixa orellana* L.) obtenido de tiendas Superb Especias.

#### 7.1.2. Muestra

Tinte semipermanente para cabello a partir del polvo de las semillas de achiote (*Bixa orellana* L.)

#### 7.1.3. Recursos Humanos

**Autora:** Luisa Cristina Liu Cai

**Asesor de Tesis:** Licenciado Julio Gerardo Chinchilla Vettorazzi

**Revisor de Tesis:** Licenciada María Nereida Marroquín Tintí

### 7.2. Materiales

#### 7.2.1. General

- Polvo de semillas de achiote (*Bixa orellana* L.) de Superb Especias
- Mechones de cabello virgen liso de color rubio
- Mechones de cabello virgen liso de color negro
- Tijeras
- Espátula
- Bandejas
- Pizeta
- Hules para cabello
- Ganchos para cabello
- Brocha para teñir cabello

- Recipiente para colorante de cabello
- Papel de Aluminio
- Shampoo incoloro

### **7.2.2. Cristalería**

- Beakers de 500ml
- Beakers de 250 ml
- Varilla de agitación
- Gradilla para tubos de ensayo
- Tubos de ensayo
- Probetas
- Embudo
- Matraz

### **7.2.3. Reactivos**

- Betaína de coco
- Trietanolamina
- Carbopol
- Aceite de ricino
- Aceite de jojoba
- Ácido cítrico
- Benzoato de sodio
- Hidróxido de sodio 0.1N
- Cloroformo
- Etanol
- Ácido sulfúrico concentrado
- Fragancia
- Peróxido de hidrógeno 20%
- Polvo decolorante de cabello Recamier ®
- Agua destilada

#### **7.2.4. Equipos e instrumentos**

- Espectrofotómetro UV-Vis
- Balanza analítica y semianalítica
- Mezclador eléctrico
- Microscopio digital
- Cámara profesional
- Detector digital “Habla Color” (aplicación digital)

### **7.3. Método**

#### **7.3.1. Ensayo general para carotenoides**

Se disolvió 0.5g de la muestra (polvo de semilla de achiote) en 2 ml de etanol o cloroformo en un tubo de ensayo. Se agregó 5 ml de ácido sulfúrico concentrado (resbalando por las paredes del tubo de ensayo). Se observó la formación de una capa de color azul-violeta, característica de la presencia de carotenoides (López, 2008).

#### **7.3.2. Método para la caracterización de carotenoides del achiote por**

##### **Espectrofotometría UV-Vis.**

##### **Identificación de Bixina**

- Se pesó 0.5 g de polvo de semilla de achiote y se colocó en un balón aforado de 25 ml. Se aforó con cloroformo hasta disolverlo completamente.
- De la solución coloreada, se tomó una alícuota de 1 ml con pipeta volumétrica y se vertió el contenido en otro balón de 25 ml. Se aforó nuevamente con cloroformo y se agitó hasta conseguir homogeneidad.
- Se vertió el contenido en celdas del espectrofotómetro para realizar la medición en longitudes de onda de 420 nm hasta 500 nm. Se realizó mediciones cada 10 nm y asimismo al blanco. Se obtiene teóricamente picos máximos en 471 nm y 503 nm.

### Identificación de Norbixina

- Se pesó 0.5 g de polvo de semilla de achiote y se colocó en un balón aforado de 25 ml. Se aforó con NaOH 0.1 N hasta disolverlo completamente.
- De la solución coloreada, se tomó una alícuota de 1 ml con pipeta volumétrica y se vertió el contenido en otro balón de 25 ml. Se aforó nuevamente con NaOH 0.1 N y se agitó hasta conseguir homogeneidad.
- Se vertió el contenido en celdas del espectrofotómetro para realizar la medición en longitudes de onda de 420 nm hasta 500 nm. Se realizó mediciones cada 10 nm y asimismo al blanco. Se obtiene teóricamente picos máximos en 453 nm y 482 nm.

### 7.3.3. Estudio de compatibilidad de la fórmula

Se mezcló cada una de las materias primas con el colorante natural para observar si existía alguna separación o anormalidad entre ellos. En este caso no se obtuvo algún fenómeno inesperado o indeseado, por lo que sí hubo compatibilidad.

### 7.3.4. Elaboración de la formulación del colorante semipermanente

#### • Pesaje de los compuestos

Se pesó cada una de las materias primas de acuerdo con la formulación propuesta (ver tabla 5).

#### • Preparación y mezclado de la formulación

Se preparó la formulación adicionando cada componente en un recipiente adecuado. Se realizó tres formulaciones a escala piloto con los diferentes pH del colorante natural, (ácido 3-4, neutro 7 y básico 9) (ver tabla 5).

**Tabla 5:** Formulación Propuesta para el colorante semipermanente

Compuesto	Nombre del compuesto	Cantidad
Colorante o pigmento	Polvo de semilla de achiote	10 %
Surfactante	Betaína de coco	1 %
Reguladores de pH	Ácido cítrico	6-8 %

Alcalinizante	Trietanolamina	1 %
Espesante	Carbopol	2 %
Hidratante	Aceite de ricino y aceite de jojoba	2 %
Antioxidante	Ácido cítrico	0.5 %
Preservante	Benzoato de sodio	0.5%
Fragancia	Olor frutos silvestres	csp (cantidad suficiente para)
Agua destilada (solvente)		Para alcanzar 100 %

**Nota:** para el tinte o colorante A (pH neutro) y B (pH básico) no se utilizó el ácido cítrico únicamente la trietanolamina hasta llegar al pH ideal. Con el resultado del proceso de coloración de mechones de cabello virgen (inciso siguiente 7.3.6) se observó que los mechones de teñidos con pH ácido (3-4) no presentaron mayor diferencia de color con respecto al mechón virgen (blanco), por lo que se trabajó y se elaboró únicamente con la formulación para pH neutro (tinte A) y pH básico (tinte B) como producto final.

### 7.3.5. Determinación de características organolépticas según la RTCA

De acuerdo con el Reglamento Técnico Centroamericano (RTCA), debe evaluarse en todos los cosméticos, las características organolépticas como el aspecto, sabor, color y olor; entre ellas también se realizan pruebas físicas como pH (RTCA, 2007).

- En este caso se evaluó el aspecto, el color y el olor de la formulación del colorante semipermanente propuesto, en este caso no hubo separación de los componentes, aparición de gotas de agua o sedimentos, cambios de color y otras anomalías.
- El sabor no se determinó ya que no es un producto que esté en contacto con la mucosa oral y no es apropiado su consumo.
- Con papel pH se midió el nivel de pH de cada formulación realizada.

### 7.3.6. Proceso de coloración de mechones de cabello virgen

- Se prepararon los mechones de cabello virgen rubio y negro, con una longitud de 10 cm de largo cada una, donde 2 cm de la parte superior del mechón estaba sujeto a hules de cabello.

- Se tiñó cada grupo seleccionado de mechones a diferentes pH y tiempo. La formulación estuvo en contacto con los mechones de cabello virgen liso tanto rubio y negro a diferentes tiempos: 30 min, 60 min, 90 min y 120 min.
- En cada tiempo propuesto y a diferente pH (3-4, 7, 9), se utilizaron 5 mechones, tanto del rubio como del negro. También se dejaron mechones sin colorear como blanco.
- Posterior a la coloración de los mechones, se realizó una lavada a cada grupo de mechón únicamente con agua. A cada grupo de mechón se detectó su color con el detector de color digital “Habla Color” para identificar qué tipo de color correspondían.

(Alzate y Díaz, 2006)

#### Mechones de cabello virgen rubio (tono claro)

- A pH 3-4 se evaluaron 5 mechones de cabello virgen rubio para cada tiempo de exposición (30, 60, 90 y 120 min), con un total de 20 mechones.
- A pH 7 se evaluaron 5 mechones de cabello virgen rubio para cada tiempo de exposición (30, 60, 90 y 120 min), con un total de 20 mechones.
- A pH 9 se evaluaron 5 mechones de cabello virgen rubio para cada tiempo de exposición (30, 60, 90 y 120 min), con un total de 20 mechones.
- Cantidad total de mechones: 60

#### Mechones de cabello virgen negro (tono oscuro)

Los mechones negros fueron decolorados previamente

- A pH 3-4 se evaluaron 5 mechones de cabello virgen negro decolorado para cada tiempo de exposición (30, 60, 90 y 120 min), con un total de 20 mechones.
- A pH 7 se evaluaron 5 mechones de cabello virgen negro decolorado para cada tiempo de exposición (30, 60, 90 y 120 min), con un total de 20 mechones.
- A pH 9 se evaluaron 5 mechones de cabello virgen negro decolorado para cada tiempo de exposición (30, 60, 90 y 120 min), con un total de 20 mechones.

**Tabla 6:** Proceso de Coloración en cabello virgen

Prueba con mechón rubio	30 min	60 min	90 min	120 min
pH 3-4	5 mechones rubios	5 mechones rubios	5 mechones rubios	5 mechones rubios
pH 7	5 mechones rubios	5 mechones rubios	5 mechones rubios	5 mechones rubios
pH 9	5 mechones rubios	5 mechones rubios	5 mechones rubios	5 mechones rubios
Prueba con mechón negro decolorado previamente	30 min	60 min	90 min	120 min
pH 3-4	5 mechones negros	5 mechones negros	5 mechones negros	5 mechones negros
pH 7	5 mechones negros	5 mechones negros	5 mechones negros	5 mechones negros
pH 9	5 mechones negros	5 mechones negros	5 mechones negros	5 mechones negros

**Nota:** los mechones negros fueron decolorados previamente. Los mechones teñidos a pH ácido (3-4) no obtuvieron un cambio notorio de color, a pesar de que existía una ligera diferencia con respecto a la comparación el blanco (mechón virgen rubio y negro decolorado). Por esta razón, posteriormente, se elaboró únicamente la formulación del tinte A (pH neutro) y tinte B (pH básico).

Una vez teñidos los mechones con el colorante a diferentes pH y a diferentes tiempos de exposición, se realizó posteriormente lavados con agua y shampoo (inciso 7.3.8) para evaluar la adherencia y color del colorante en los mechones de cabello.

Finalmente se necesitó 60 min de tiempo de tinción para mechones rubios a pH neutro (7) y 30 min con pH básico (9). Para mechones negros, un tiempo de tinción de 90 min con pH neutro (7) y 60 min con pH básico (9).

### 7.3.7. Observación de mechones teñidos con tinte A y B en escala macroscópica

- Se visualizó a través de una cámara profesional el cambio de color desde el mechón rubio virgen hasta ser teñido con el tinte A y el tinte B.

- Se visualizó a través de una cámara profesional el cambio de color desde el mechón negro virgen, negro decolorado hasta ser teñido con el tinte A y el tinte B.

### **7.3.8. Retención del colorante**

- A un grupo seleccionado de los mechones teñidos con tinte A y B, se realizó una única lavada con agua hasta que el colorante no se desprendiera del mechón, con la finalidad de detectar el color del mechón antes de ser sometido a la repetición de lavadas.
- Al resto de los mechones se realizó una serie de lavadas con agua y shampoo neutro para observar hasta cuántas lavadas se dejaba de desprender o liberar el tinte del mechón, siendo un límite máximo de 6 lavadas, lo que caracteriza un colorante semipermanente.
- Por cada lavada realizada se detectó el color del mechón para ver los cambios tras cada lavada, realizada con el detector de color digital.
- Se preparó una escala colorimétrica cualitativa con tubos de ensayo conteniendo cada tubo, diferentes concentraciones conocidas del polvo de semilla de achiote disuelto con solución de shampoo incoloro con agua, para ser utilizado como escala de comparación con cada solución de lavada realizada a cada mechón. El rango de concentraciones del achiote fue de 0.5% a 10%. (Se emplearon 20 tubos de ensayo, con su respectiva concentración conocida de achiote y 1 tubo de ensayo representando el blanco (shampoo con agua)).

### **7.3.9. Observación de mechones teñidos con tinte A y B y su transición en el proceso de lavada en escala microscópica**

- Se observó a través del microscopio digital el cambio de color desde el mechón rubio virgen hasta ser teñido con el tinte A y sus respectivas lavadas.

- Se observó a través del microscopio digital el cambio de color desde el mechón rubio virgen hasta ser teñido con el tinte B y sus respectivas lavadas.
- Se observó a través del microscopio digital el cambio de color desde el mechón negro virgen, a negro decolorado hasta ser teñido con el tinte A y sus respectivas lavadas.
- Se observó a través del microscopio digital el cambio de color desde el mechón negro virgen, a negro decolorado hasta ser teñido con el tinte B y sus respectivas lavadas.

**Nota:** se utilizó agua como medio de montaje y un aumento de 100x en cada visualización a través del microscopio.

#### **7.3.10. Evaluación de la aceptabilidad del color obtenido en los mechones de cabello virgen**

Se elaboró un cuestionario utilizando el método de la escala diferencial semántico para medir las actitudes u opiniones de las personas evaluadas frente al producto cosmético.

Las personas evaluadas fueron voluntarias y los criterios fueron los siguientes:

- 10 sujetos masculinos de cabello claro, mayores de 18 años
- 10 sujetos femenino de cabello claro, mayores de 18 años
- 10 sujetos masculinos de cabello oscuro, mayores de 18 años
- 10 sujetos femeninos de cabello oscuro, mayores de 18 años

Las características evaluadas en el cuestionario fueron las siguientes:

- Color del mechón teñido de acuerdo con el tinte A y B
- Textura del mechón teñido de acuerdo con el tinte A y B
- Brillo del mechón teñido de acuerdo con el tinte A y B
- Olor del mechón teñido de acuerdo con el tinte A y B
- Color del tinte envasado como producto final
- Olor del tinte envasado como producto final
- Textura del tinte envasado como producto final

- Percepción del envase del tinte como producto final
- Percepción de la etiqueta del envase del tinte como producto final
- Comprensión de la información e instrucciones del producto final
- La disposición de decolorarse el cabello para obtener el color del tinte A y B, tal como los mechones teñidos (únicamente aplicó esta característica para los sujetos con cabello oscuro)

(Martínez, 2007)

## 7.4. Análisis Estadístico

### 7.4.1. Distribución binomial

La distribución binomial es proporcional a la probabilidad de obtener un número especificado de éxitos en un conjunto finito de pruebas independientes, en las que en cada una es idéntica la probabilidad de éxito. Es decir, cada prueba proporciona solo dos valores, el éxito o el fracaso (Solé, 2005).

Sea  $p$  la probabilidad de éxito y  $q$ , la probabilidad de fracaso, de modo que  $p + q = 1$ . La cantidad de pruebas se denomina  $N$ , cada prueba es efectuada bajo las mismas condiciones, por lo que puede suponerse que el resultado de cada prueba es independiente de los otros resultados (Mode, 2005).

De acuerdo con la tabla siguiente indica la probabilidad de que ocurra un evento, es decir, si las probabilidades están disponibles, se puede determinar la posibilidad de que ocurra cada evento. Los valores de probabilidad se asignan en una escala de 0 a 1, siendo una probabilidad cercana a 0 indica que es poco probable que ocurra un evento, mientras cercano a 1 indica que es casi seguro que el evento ocurra. En el caso de la investigación, indica que debe hacerse al menos 5 repeticiones de colorear el pelo con el colorante formulado para obtener una probabilidad de 100% de que el colorante sí tiñe el cabello, solo si de las 5 repeticiones, las 5 se tiñeron. Si de las 5 repeticiones, solo se tiñen 4 mechones indica el 96.9% de que el colorante sí logra teñir, y así sucesivamente (ver **tabla 7**) (Anderson, Sweeney y Williams, 2013).

**Tabla 7:** Tabla de Probabilidades asociada a valores menores como los valores observados de k en la prueba binomial

N	k																	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
4	062	312	688	938	1.0													
5	031	188	500	812	969	1.0												
6	016	109	344	656	891	984	1.0											
7	008	062	227	500	773	938	992	1.0										
8	004	035	145	3263	637	855	965	996	1.0									
9	002	020	090	254	500	746	910	980	998	1.0								
10	001	011	055	172	377	623	828	945	989	999	1.0							
11		006	033	113	274	500	726	887	967	994	999+	1.0						
12		003	019	073	194	387	613	506	927	981	997	99+	1.0					
13		002	011	046	133	291	500	709	867	954	989	998	999+	1.0				
14		001	006	029	090	212	395	605	788	910	971	994	999	999+	1.0			
15			004	018	059	151	304	500	696	849	941	982	996	999+	999+	1.0		
16			002	011	038	105	227	402	598	773	895	962	989	998	999+	999+	1.0	
17			001	006	025	072	166	315	500	685	834	928	975	994	999	999+	999+	1.0
18			001	004	015	048	119	240	407	593	760	881	952	985	996	999	999+	999+
19				002	010	032	084	180	324	500	676	820	916	968	990	998	999+	999+
20				001	006	021	058	132	252	412	588	748	868	942	979	994	999	999+

Nota: se ha omitido el punto decimal

En el caso de la investigación se pretendió determinar la adherencia del tinte al pelo luego del lavado, siendo lo siguiente los factores a trabajar:

- Variables:
  - Tiempo de exposición del colorante en el mechón de pelo a 30 min, 60 min, 90 min y 120 min.
  - pH del colorante: pH 3-4, 7 y 9
- Constante: mechones de cabello virgen rubio y mechones de cabello virgen negro de 10 cm cada uno.

En este caso, todos los mechones sometidos a prueba fueron teñidos exitosamente, por lo que se tuvo una probabilidad de tinción del 100%. Debido a que con pH ácido el color obtenido en los mechones teñidos no era suficientemente notorio, como a pH neutro y básico, se decidió trabajar únicamente en la investigación con los últimos pH (neutro y básico).

## 8. RESULTADOS

En la tabla No. 8 se observa la identificación cualitativa de carotenoides por medio de un ensayo general con ácido sulfúrico, la presencia de una capa de color azul indica la presencia de dichos metabolitos en la muestra de polvo de achiote evaluado.

**Tabla No. 8** Identificación de carotenoides en polvo de achiote

Prueba	Especificaciones	Resultado del polvo de achiote
Ensayo General de ácido sulfúrico	Formación de una capa de coloración azul	Positivo Presencia de una capa azul

La tabla No. 9 indica los carotenoides presentes en la muestra del polvo de achiote, en este caso son los apocarotenoides bixina y norbixina, ambas responsables de la coloración del achiote. En la prueba experimental se presentan dos picos de absorción que identifican a la bixina y dos picos de absorción que identifican a la norbixina.

**Tabla No. 9** Identificación de carotenoides en polvo de achiote a partir del Espectrofotómetro UV-Vis

Barrido UV			
Muestra analizada	Carotenoides	Pico de absorción teórico	Pico de absorción experimental
Polvo de achiote en solución de cloroformo	Bixina	471 nm	471 nm
		503 nm	501 nm
Polvo de achiote en solución de NaOH 0.1 N	Norbixina	453 nm	453 nm
		482 nm	481 nm

En la tabla No. 10 presenta las características organolépticas del tinte A y del tinte B, como el aspecto, el olor y el color de cada uno. El aspecto de ambos tintes fue una pasta espesa, siendo más ligero el tinte B que el tinte A. El olor de ambos tintes fue un aroma de shampoo, siendo el tinte B más intenso que el tinte A. El color final detectado para el tinte A fue el Marrón (código HEX #9D3E22) y para el tinte B, fue el Café (código HEX #601706).

**Tabla No. 10** Características organolépticas del tinte elaborado en medio neutro y básico

Características	Tinte A	Tinte B
<b>Aspecto</b>	Pasta con espesor	Pasta con espesor ligero
<b>Olor</b>	Shampoo intensidad suave	Shampoo intensidad fuerte
<b>Color</b>	<b>Marrón</b> <b>#9D3E22</b> RGB (157, 62, 34)	<b>Café</b> <b>#601706</b> RGB (96, 23, 6)

\*Tinte A = tinte con pH neutro (pH = 7)

\*Tinte B = tinte con pH básico (pH = 9)

En la tabla No. 11 presenta las pruebas realizadas en mechones rubios y mechones negros, donde se tiñó 5 mechones en cada pH y en cada tiempo, para observar si el tinte lograba su tinción en los mechones. Todos los mechones de prueba sí lograron teñirse, por lo que, de acuerdo con la tabla de probabilidades, se obtuvo un 100% de probabilidad de que el tinte sí logró su efecto de teñir el cabello rubio y negro. En medio ácido (pH 3-4) el color no fue lo suficientemente notorio, por lo que se decidió trabajar únicamente con pH neutro (7) y básico (9).

**Tabla No. 11** Probabilidad de mechones claros y oscuros teñidos a diferentes tiempos y pH

<b>Mechones rubios</b>						
pH	30 min	60 min	90 min	120 min	Resultado	Observaciones
<b>3-4</b>	5 teñidos	5 teñidos	5 teñidos	5 teñidos	100 %	El color teñido en el mechón no es significativo. Se observó un cambio de color ligero en comparación al blanco (mechón rubio virgen)
<b>7</b>	5 teñidos	5 teñidos	5 teñidos	5 teñidos	100 %	Sí hay cambio significativo
<b>9</b>	5 teñidos	5 teñidos	5 teñidos	5 teñidos	100 %	Sí hay cambio significativo
<b>Mechones negros decolorados</b>						
pH	30 min	60 min	90 min	120 min	Resultado	Observaciones
<b>3-4</b>	5 teñidos	5 teñidos	5 teñidos	5 teñidos	100 %	El color teñido a este pH fue similar al mechón negro decolorado sin teñir, por lo que se considera un cambio no significativo
<b>7</b>	5 teñidos	5 teñidos	5 teñidos	5 teñidos	100 %	Sí hay cambio significativo
<b>9</b>	5 teñidos	5 teñidos	5 teñidos	5 teñidos	100 %	Sí hay cambio significativo

En la tabla No. 12 indica el tiempo suficiente de dejar el tinte sobre los mechones de cabello rubio y negro, para lograr un color notorio. Para mechones rubios, en medio neutro es suficiente dejar el tinte por 60 min y en medio básico 30 min para obtener un color notorio. Para los mechones negros, debe decolorarse previo a la tinción (35 min antes) para aclarar el cabello y lograr fijar el color del tinte posteriormente, en medio neutro es necesario reposar 90 min el tinte sobre el mechón y en medio básico, 60 min para lograr coloraciones notorias.

**Tabla No. 12** Resultado final del tiempo de tinción en pH neutro y básico

pH	Mechones rubios Tiempo de tinción	Mechones negros Tiempo de tinción
7	60 min	90 min
9	30 min	60 min
Tiempo de decoloración previo a la tinción = 35 min		

\***Tinte A** = tinte con pH neutro (pH = 7)

\***Tinte B** = tinte con pH básico (pH = 9)

La tabla No. 13 presenta el color detectado final en cada mechón sin realizar repeticiones de lavada. Se realizó únicamente una lavada con agua hasta que no desprendiera más color.

El mechón rubio teñido con tinte A (pH neutro) obtuvo el color Ocre Dorado Tostado (código Hex #946925) y con el tinte B (pH básico) obtuvo el color Marrón (código Hex #864106).

El mechón negro decolorado previamente y con la aplicación del tinte A, obtuvo el color Ocre Dorado Tostado (código Hex #976619) y con tinte B, el color Ocre Amarillo (código Hex #B57217). Hay similitud de color en cuanto al mechón negro decolorado teñido y el mechón rubio, teñidos con tinte A, ya que el color obtenido fue el Ocre Dorado Tostado, diferenciándose en las proporciones.

**Tabla No. 13:** Detección de color final en mechones rubios y negros teñidos con tinte A y B sin repeticiones de lavadas

	Color detectado	
	pH neutro (tinte A)	pH básico (tinte B)
<b>Mechón rubio teñido</b>	<b>Ocre Dorado Tostado</b> <b>#946925</b> RGB (148, 105, 37)	<b>Marrón</b> <b>#864106</b> RGB (134, 65, 6)

<b>Mechón negro decolorado y teñido</b>	<b>Ocre Dorado Tostado #976619 RGB (151, 102, 25)</b>	<b>Ocre Amarillo #B57217 RGB (181, 114, 23)</b>
---	---	---

En la tabla No. 14 indica la pérdida del tinte o colorante en cada lavada de los mechones rubios. Se observa en cada mechón enumerado, la concentración del tinte perdido en las lavadas. El promedio demuestra el porcentaje de pérdida de tinte en cada lavada y en cada mechón. Se observa que conforme aumenta la cantidad de lavadas, la pérdida del tinte es menor, por lo que indica que el resto del tinte se ha fijado en los mechones, siendo un promedio total de tinte retenido de 54% en el mechón rubio.

**Tabla No. 14** Pérdida de concentración del colorante o tinte A (pH neutro) en el proceso de lavado en mechón rubio

<b>Concentración de colorante perdido en cada lavada</b>						
<b>Mechón</b>	<b>Lavada 1</b>	<b>Lavada 2</b>	<b>Lavada 3</b>	<b>Lavada 4</b>	<b>Lavada 5</b>	<b>Lavada 6</b>
	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>
<b>1</b>	30					
<b>2</b>	30	10				
<b>3</b>	30	10	0			
<b>4</b>	35	10	5	0		
<b>5</b>	30	10	5	0	0	
<b>6</b>	40	20	5	0	0	0
<b>Promedio</b>	<b>33%</b>	<b>12%</b>	<b>4%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>
<b>% de tinte retenido en cada mechón de cabello</b>	<b>67%</b>	<b>55%</b>	<b>51%</b>	<b>51%</b>	<b>51%</b>	<b>51%</b>
<b>Promedio total de tinte retenido en el mechón de cabello</b>	<b>54%</b>					

En la tabla No. 15 indica la pérdida del tinte o colorante en cada lavada de los mechones rubios. Se observa en cada mechón enumerado, la concentración del tinte perdido en las lavadas. El promedio demuestra el porcentaje de pérdida de tinte en cada lavada y en cada mechón. Se observa que conforme aumenta la cantidad de lavadas, la pérdida del tinte es menor, por lo que indica que el resto del tinte se ha fijado en los mechones, siendo un promedio total de tinte retenido de 58% en el mechón rubio.

**Tabla No. 15** Pérdida de concentración del colorante o tinte B (pH básico) en el proceso de lavado en mechón rubio teñido

Concentración de colorante perdido en cada lavada						
Mechón	Lavada 1 %	Lavada 2 %	Lavada 3 %	Lavada 4 %	Lavada 5 %	Lavada 6 %
1	50					
2	30	5				
3	30	5	0			
4	50	5	0	0		
5	40	0	0	0	0	
6	40	0	0	0	0	0
<b>Promedio</b>	<b>40%</b>	<b>3%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>
<b>% de tinte retenido en cada mechón de cabello</b>	<b>60%</b>	<b>57%</b>	<b>57%</b>	<b>57%</b>	<b>57%</b>	<b>57%</b>
<b>Promedio total de tinte retenido en el mechón de cabello</b>	<b>58%</b>					

En la tabla No. 16 indica la pérdida del tinte o colorante en cada lavada de los mechones negros. Se observa en cada mechón enumerado, la concentración del tinte perdido en las lavadas. El promedio demuestra el porcentaje de pérdida de tinte en cada lavada y en cada mechón. Se observa que conforme aumenta la cantidad de lavada, la pérdida de tinte es menor, por lo que indica que el resto del tinte se ha fijado en los mechones, siendo un promedio total de tinte retenido de 33% en el mechón negro decolorado.

**Tabla No. 16** Pérdida de concentración del colorante o tinte A (pH neutro) en el proceso de lavado en mechón negro decolorado

Concentración de colorante perdido en cada lavada						
Mechón	Lavada 1 %	Lavada 2 %	Lavada 3 %	Lavada 4 %	Lavada 5 %	Lavada 6 %
1	70					
2	65	5				
3	50	30	0			
4	55	30	0	0		
5	50	0	0	0	0	
6	45	0	0	0	0	0
<b>Promedio</b>	<b>56 %</b>	<b>13%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>
<b>% de tinte retenido en cada mechón de cabello</b>	<b>44%</b>	<b>31%</b>	<b>31%</b>	<b>31%</b>	<b>31%</b>	<b>31%</b>

<b>Promedio total de tinte retenido en el mechón de cabello</b>	<b>33%</b>
---	------------

En la tabla No. 17 indica la pérdida del tinte o colorante en cada lavada de los mechones negros. Se observa en cada mechón enumerado, la concentración del tinte perdido en las lavadas. El promedio demuestra el porcentaje de pérdida de tinte en cada lavada y en cada mechón. Se observa que conforme aumenta la cantidad de lavada, la pérdida de tinte es menor, por lo que indica que el resto del tinte se ha fijado en los mechones, siendo un promedio total de tinte retenido de 54% en el mechón negro decolorado.

**Tabla No. 17** Pérdida de concentración del colorante o tinte B (pH básico) en el proceso de lavado en mechón negro decolorado

<b>Concentración de colorante perdido en cada lavada</b>						
<b>Mechón</b>	<b>Lavada 1 %</b>	<b>Lavada 2 %</b>	<b>Lavada 3 %</b>	<b>Lavada 4 %</b>	<b>Lavada 5 %</b>	<b>Lavada 6 %</b>
<b>1</b>	40					
<b>2</b>	30	2.5				
<b>3</b>	40	2.5	0			
<b>4</b>	35	2.5	0	0		
<b>5</b>	50	2.5	0	0	0	
<b>6</b>	70	2.5	0	0	0	0
<b>Promedio</b>	<b>44%</b>	<b>3%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>
<b>% de tinte retenido en cada mechón de cabello</b>	<b>56%</b>	<b>53%</b>	<b>53%</b>	<b>53%</b>	<b>53%</b>	<b>53%</b>
<b>Promedio total de tinte retenido en el mechón de cabello</b>	<b>54%</b>					

En la tabla No. 18 presenta el color detectado en cada mechón lavado que fue teñido previamente. Se realizó 6 lavadas a cada mechón y se detectó el color luego de su secado. Existe una transición de color inicial hasta el final en los mechones teñidos, para el mechón rubio teñido con tinte A (pH neutro) y tinte B (pH básico) y luego de la primera lavada se obtuvo el mismo color Marrón diferenciándose a la tonalidad. A medida que fueron sometidos a las lavadas, el color final detectado fue el mismo en ambos mechones, el color Bistre diferenciándose levemente en cuanto a las características de tonalidad. Para el mechón

negro decolorado teñido con tinte A, se obtuvo el color Marrón y con el tinte B se obtuvo el color Ocre Dorado Tostado luego de la primera lavada. Posterior a las lavadas, se obtuvo el mismo color en ambos mechones, el Bistre, diferenciándose en cuanto a la tonalidad. El color Bistre fue el color final obtenido tanto en los mechones rubios y negros decolorados luego del proceso de lavado. Para una mejor comprensión sírvase en leer esta tabla junto con el anexo, específicamente las **figs. 15 y 18** para el mechón rubio y **figs. 21 y 24** para el mechón negro decolorado.

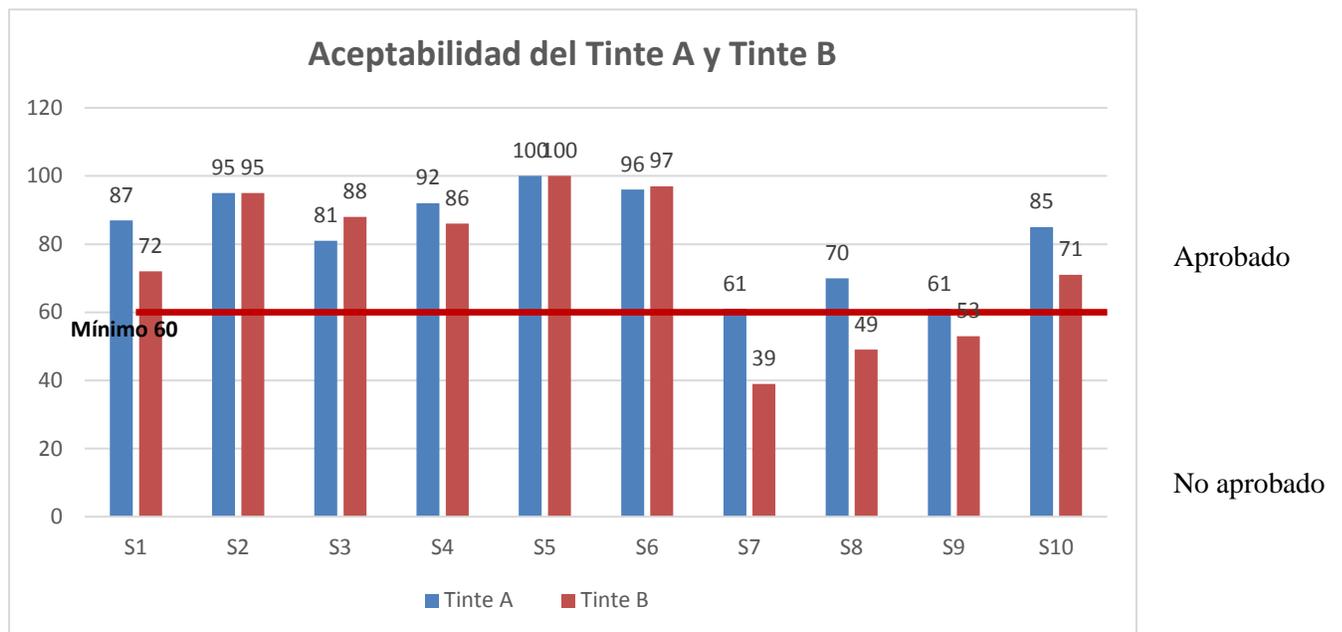
**Tabla No. 18:** Detección de color en mechones rubios y negros en cada lavada

<b>Mechones rubios</b>		
<b>Lavadas</b>	<b>Color detectado</b>	
	<b>pH neutro (tinte A)</b>	<b>pH básico (tinte B)</b>
<b>Mechón virgen (sin tinte y sin lavada)</b>	<b>Bistre</b> <b>#91845A</b> RGB (145, 132, 90)	<b>Bistre</b> <b>#91845A</b> RGB (145, 132, 90)
<b>Cantidad de Lavadas luego de la tinción</b>		
<b>1era</b>	<b>Marrón</b> <b>#824B08</b> RGB (130, 75, 8)	<b>Marrón</b> <b>#854B0B</b> RGB (133, 75, 11)
<b>2da</b>	<b>Ocre Dorado Tostado</b> <b># 84580D</b> RGB (132, 88, 13)	<b>Ocre Dorado Tostado</b> <b>#7B4C06</b> RGB (123, 76, 6)
<b>3era</b>	<b>Bistre</b> <b>#977420</b> RGB (151, 116, 32)	<b>Bistre</b> <b>#987028</b> RGB (152, 112, 40)
<b>4ta</b>	<b>Bistre</b> <b>#806629</b> RGB (128, 102, 41)	<b>Bistre</b> <b>#8D7132</b> RGB (141, 113, 50)
<b>5ta</b>	<b>Bistre</b> <b>#7B622A</b> RGB (123, 98, 42)	<b>Bistre</b> <b>#8D6E35</b> RGB (141, 110, 53)
<b>6ta</b>	<b>Bistre</b> <b>#765F2B</b> RGB (118, 95, 43)	<b>Bistre</b> <b>#876933</b> RGB (135, 105, 51)
<b>Mechones negros</b>		
<b>Virgen (sin tinte y sin decolorar)</b>	<b>Negro</b> <b># 0B0B09</b> RGB (11, 11, 9)	<b>Negro</b> <b># 0B0B09</b> RGB (11, 11, 9)

<b>Con decoloración</b>	<b>Ocre</b> <b>#A3894C</b> RGB (163, 137, 76)	<b>Ocre</b> <b>#A3894C</b> RGB (163, 137, 76)
<b>Cantidad de Lavadas luego de la tinción</b>		
<b>1era lavada</b>	<b>Marrón</b> <b>#894403</b> RGB (137, 68, 3)	<b>Ocre Dorado Tostado</b> <b>#8F530B</b> RGB (143, 83, 11)
<b>2da</b>	<b>Ocre Dorado Tostado</b> <b>#97691C</b> RGB (151, 105, 28)	<b>Ocre Amarillo</b> <b>#AC7417</b> RGB (172, 116, 23)
<b>3era</b>	<b>Ocre Dorado Tostado</b> <b>#916420</b> RGB (145, 100, 32)	<b>Bistre</b> <b>#AE811C</b> RGB (174, 129, 28)
<b>4ta</b>	<b>Bistre</b> <b>#9D7722</b> RGB (157, 119, 34)	<b>Bistre</b> <b>#9E7A1A</b> RGB (158, 122, 26)
<b>5ta</b>	<b>Bistre</b> <b>#8C681C</b> RGB (140, 104, 28)	<b>Melado</b> <b>#C0952D</b> RGB (192, 149, 45)
<b>6ta</b>	<b>Bistre</b> <b>#A07C32</b> RGB (160, 124, 50)	<b>Bistre</b> <b>#A87C19</b> RGB (168, 124, 25)

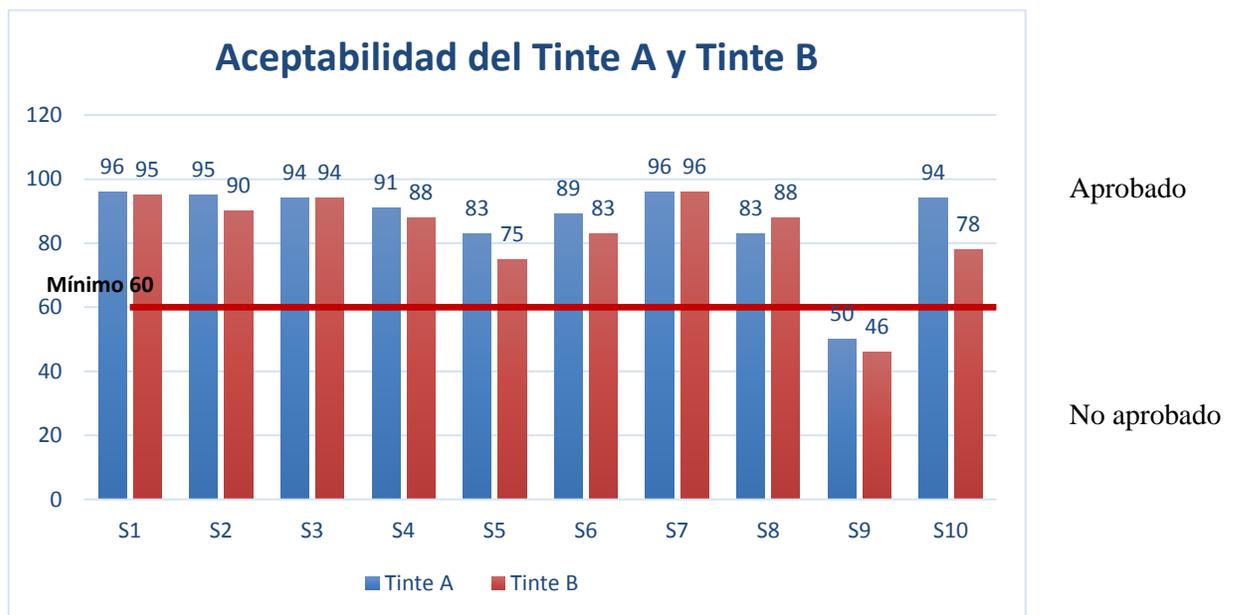
La gráfica No. 1 presenta la calificación total de las características evaluadas del Tinte A y del Tinte B por la misma persona, se realizó el cuestionario con 10 sujetos masculinos de cabello claro evaluando ambos tintes. Se observa en algunos casos que existe diferencia de aceptabilidad en ambos tintes por la misma persona. La calificación de las características se encuentra en un rango de 0 a 100. Siendo el valor máximo 100 y el valor mínimo como punto de aceptación es de 60. Si el valor se encuentra por debajo de 60 indica que el sujeto desaprueba el producto, si el valor se encuentra sobre 60 o igual a 60, indica que el sujeto aprueba el producto.

**Gráfica No. 1** Evaluación de la aceptabilidad del Tinte A y del Tinte B para cabello como producto terminado en sujetos masculinos de cabello claro



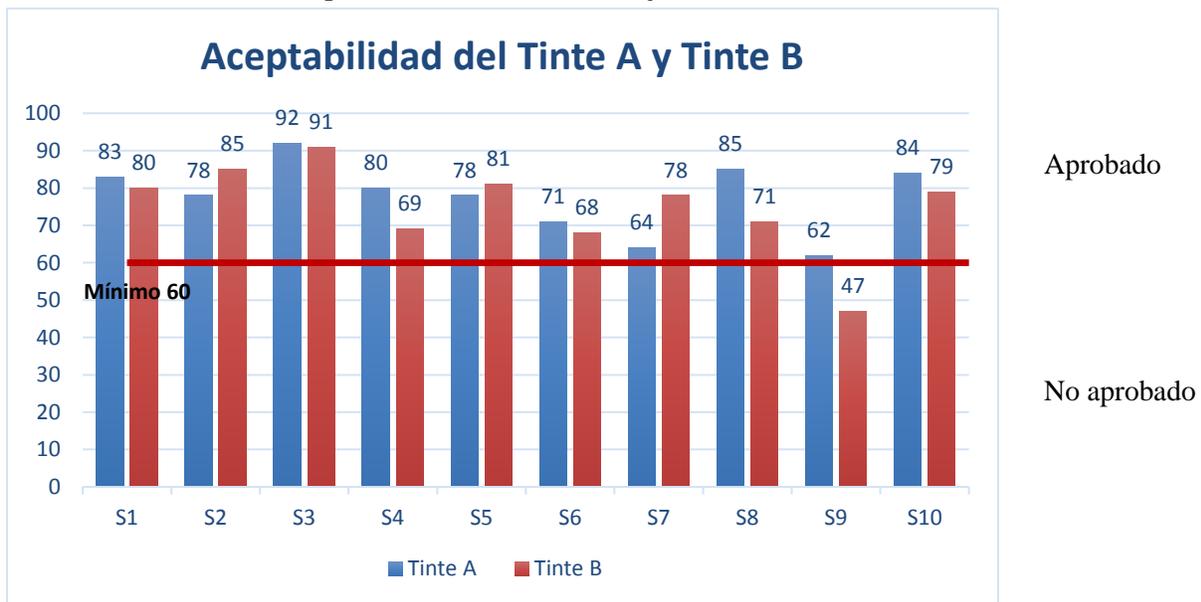
La gráfica No. 2 presenta la calificación total de las características evaluadas del Tinte A y del Tinte B por la misma persona, se realizó el cuestionario con 10 sujetos femeninos de cabello claro evaluando ambos tintes. Se observa en algunos casos que existe diferencia de aceptabilidad en ambos tintes por la misma persona. La calificación de las características se encuentra en un rango de 0 a 100. Siendo el valor máximo 100 y el valor mínimo como punto de aceptación es de 60. Si el valor se encuentra por debajo de 60 indica que el sujeto desaprueba el producto, si el valor se encuentra sobre 60 o igual a 60, indica que el sujeto aprueba el producto.

**Gráfica No. 2** Evaluación de la aceptabilidad del Tinte A y del Tinte B para cabello como producto terminado en sujetos femeninos de cabello claro



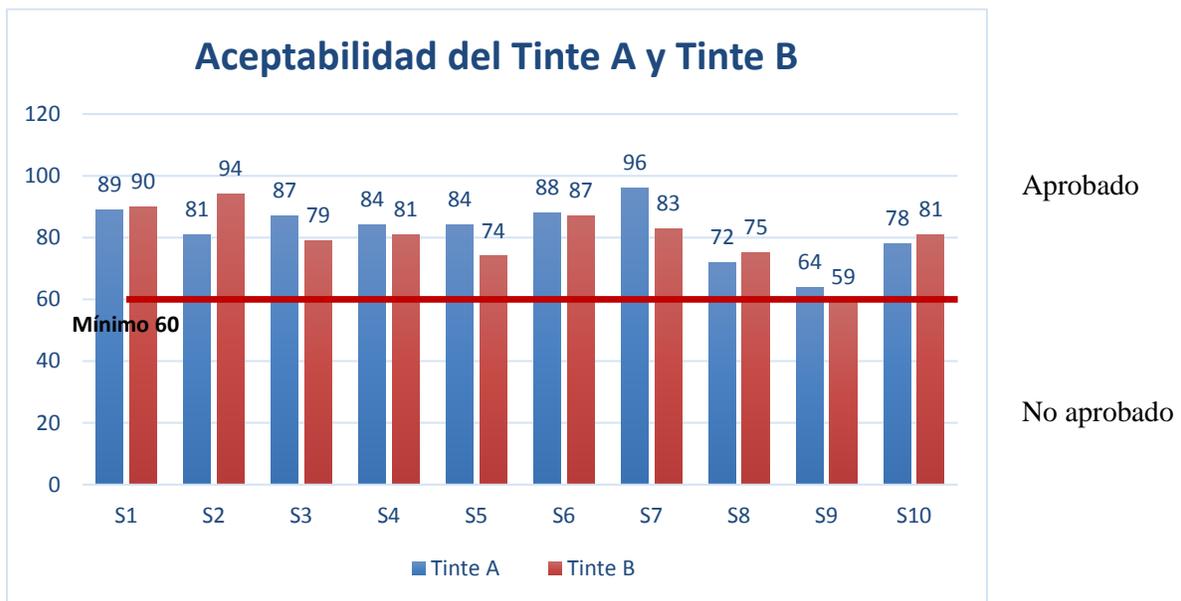
La gráfica No. 3 presenta la calificación total de las características evaluadas del Tinte A y del Tinte B por la misma persona, se realizó el cuestionario con 10 sujetos masculinos de cabello oscuro evaluando ambos tintes. Se observa en algunos casos que existe diferencia de aceptabilidad en ambos tintes por la misma persona. La calificación de las características se encuentra en un rango de 0 a 100. Siendo el valor máximo 100 y el valor mínimo como punto de aceptación es de 60. Si el valor se encuentra por debajo de 60 indica que el sujeto desaprueba el producto, si el valor se encuentra sobre 60 o igual a 60, indica que el sujeto aprueba el producto.

**Gráfica No. 3** Evaluación de la aceptabilidad del Tinte A y del Tinte B para cabello como producto terminado en sujetos masculinos de cabello oscuro



La gráfica No. 4 presenta la calificación total de las características evaluadas del Tinte A y del Tinte B por la misma persona, se realizó el cuestionario con 10 sujetos femeninos de cabello oscuro evaluando ambos tintes. Se observa en algunos casos que existe diferencia de aceptabilidad en ambos tintes por la misma persona. La calificación de las características se encuentra en un rango de 0 a 100. Siendo el valor máximo 100 y el valor mínimo como punto de aceptación es de 60. Si el valor se encuentra por debajo de 60 indica que el sujeto desaprueba el producto, si el valor se encuentra sobre 60 o igual a 60, indica que el sujeto aprueba el producto.

**Gráfica No. 4** Evaluación de la aceptabilidad del Tinte A y del Tinte B para cabello como producto terminado en sujetos femeninos de cabello oscuro



## 8. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los colorantes naturales han sido empleados en diferentes campos como en la industria alimenticia, textilera, farmacéutica y cosmética. Desde la antigüedad, han sido aprovechados en el teñido de las fibras y en la piel durante rituales religiosos, como en el caso del achiote. El color particular del achiote puede ser aprovechado, principalmente en la industria cosmética y brindar beneficio al país como fuente de ingresos para los productores y como poseedor de una biodiversidad distinguida.

En la investigación demostró la capacidad de utilizar el achiote como colorante para cabello, aprovechando principalmente su color natural naranja-rojizo, característico del mismo. Esto demuestra la posibilidad de expandir el uso de materias vegetales en la industria cosmética y como en este caso, en productos como colorantes o tinte para cabello, siendo una opción posible para las formulaciones cosméticas ante los colorantes elaborados a partir de compuestos químicos.

A través de una prueba colorimétrica realizada a la muestra de polvo de semillas de achiote, dio positivo a la presencia de carotenoides por la aparición característica de una capa color azul (ver tabla no. 8 y fig. 32). Por el método de espectrofotometría UV-Vis, se detectó los picos de absorción de la bixina en 471 nm y 501 nm (fig. 33A) y para la norbixina en 453 nm y 481 nm (fig. 33B) ver tabla 9, similares a los picos de absorción establecidos en el capítulo 6 "Annatto" por Levy y Rivadeneira, ver fig. 33C. (Lauro & Francis, 2000).

En la tabla 10 se observarán las características organolépticas de los tintes elaborados, tinte A (pH neutro) y tinte B (pH básico). Ambos tintes presentaron características diferentes, a pesar de tener la misma formulación a excepción del pH, con relación al tacto, se observó que el tinte A tuvo una textura de pasta espesa, mientras que el tinte B fluía ligeramente más fácil al tacto (ver fig. 36). El olor de ambos fue similar a un shampoo, siendo más intenso en el tinte B. El color de ambos varió, el color detectado del tinte A fue Marrón, siendo menos intenso que el tinte B, de color Café (ver fig. 37). La diferencia se vio reflejada en que el tinte A presentó proporciones de colores primarios del sistema RGB mayores (R=157), verde (G=62) y azul (B=34) que el tinte B (R= 96, G= 23 y B=6). La mezcla de rojo y verde resulta

un amarillo, sin embargo, si la cantidad de rojo es mayoritario, pues se irá dirigiendo al tono naranja e incluso al color Marrón como en el tinte A. Mientras que en el tinte B, sus proporciones son menores, principalmente el rojo, que no se encuentra en proporciones como el tinte A, por lo que, al mezclarse con el verde y el aporte leve del azul, resulta una tonalidad más oscura, siendo el color Café (ver fig. 37). Por lo tanto, se observó que el pH contribuye con la intensificación del color de una formulación, el pH alcalino intensificó el color del tinte B oscureciéndola, mientras que el pH neutro su intensidad fue menor, siendo menos oscura en el tinte A. Asimismo, se pudo comprobar con las pruebas de tinción y el color detectado en los mechones de cabello. Similar a la investigación de Arroyave y Gómez, el pH interviene en la intensidad del color dentro del proceso de tinción, mencionan que a un pH alcalino, el efecto tintóreo sobre el cabello resulta ser mayor, pero con posibilidad de degradarlo debido a que las células de la cutícula se hinchan, se ablandan y se vuelven asperas, lo cual vuelve al pelo poco manejable (Arroyave y Gómez, 2006). Con la investigación de Alfaro y Aspiros, la crema colorante elaborado con un pH de 9.8, permite una mejor penetración del tinte por la apertura de las células de la cutícula del cabello y el uso un agente como el polyquaternium 7 le otorga al cabello sedosidad, suavidad y lubricación (Alfaro y Aspiros, 2016). El empleo de agentes hidratantes como aceites naturales en la formulación contrarrestan estos efectos como en esta presente investigación y se pudo observar a través de los cuestionarios en general, que tanto los sujetos evaluados tuvieron una aceptabilidad similar en cuanto textura y brillo en los mechones tanto con tinte A (pH neutro ) como tinte B (pH básico) aplicado.

En la tabla 11 se observa que la cantidad de mechones rubios y negros decolorados sometidos a tinción lograron ser teñidos a los diferentes pH (ácido, neutro y básico), es decir, hubo una tinción satisfactoria del 100%. No obstante, la coloración obtenida en los mechones de prueba (rubios y negros decolorados) sometidos a pH ácido no fue visible con respecto al blanco (mechón rubio virgen y mechón negro decolorado); mientras que en pH neutro (tinte A) y básico (tinte B) sí fue notorio el color resultante. Similar al resultado de la investigación Arroyave y Gómez, a pH ácido se obtiene un bajo poder tintóreo en cabello (Arroyave y Gómez, 2006). Considerando este criterio, se eligieron los tintes con éstos últimos pH (ver fig. 43, 44, 48 y 49). El tiempo requerido para teñir mechones rubios vírgenes con tinte A fue de 60 minutos para obtener un color notorio, siendo el Ocre Dorado Tostado (#9469925), el

color detectado (ver fig. 46 y fig. 65), mientras que con tinte B fue de 30 min (ver fig. 47), siendo el color Marrón detectado (#864106) (ver fig. 65), dicha diferencia, como fue discutido anteriormente, fue que la formulación del tinte B presentó una coloración más intensa. Asimismo, en los mechones negros decolorados, se requirió una tinción de 90 min con el tinte A (ver fig. 48B), obteniendo el color Ocre Dorado Tostado (#976619) (ver fig. 65) y 60 min con tinte B (ver fig. 49A-49B) resultando el Ocre Amarillo (#B57217) el color detectado (ver fig. 65). La diferencia de recurrir más tiempo de tinción en los mechones negros que los mechones rubios es debido a que el color de ambos mechones (rubio y negro decolorado) sin el proceso de tinción son claros, pero de tonalidades distintas, siendo más claro en los mechones rubios, es decir teniendo un fondo natural más claro, por lo que requirió menos tiempo de tinción para ver una coloración notoria (ver tablas 12 y 13). Esto mismo se refleja en las proporciones del sistema RGB de los mechones teñidos con tinte A y B de la tabla 13. Para el mechón rubio con tinte A sus proporciones se orienta a un tono amarillo claro, menos intenso que con el tinte B, cuya proporción de rojo y verde resulta una combinación más oscura, un tono café-rojizo, el color Marrón. Al igual que con los mechones negros decolorados, los colores resultantes son similares, el Ocre Amarillo (con tinte B) tiene una tonalidad más anaranjada, ya que la proporción de rojo y verde son mayores que el Ocre Dorado Tostado (con tinte A). Tanto el mechón rubio y el mechón negro decolorado, teñidos ambos con tinte A obtuvieron el mismo color detectado, Ocre Dorado Tostado, variando ligeramente en la tonalidad, siendo más amarillo-naranja en el mechón negro decolorado por una mayor proporción de color rojo y por el fondo inicial más intenso que el mechón rubio natural, como se mencionó anteriormente.

Se apreció la coloración de los mechones teñidos a una escala macroscópica a través de una cámara profesional. En la fig. 38 A y B se observó en el mechón rubio virgen antes de ser sometido a la tinción que las hebras presentaban cierta transparencia o coloración amarilla clara, característica de este tipo de cabello (ver flechas verdes en fig. 38). Con la aplicación del tinte A, se observó que algunas hebras sí lograron teñirse mientras que otras no, ya que se observó que en ciertas regiones de las hebras presentaban un tono amarillo-dorado pálido, indicando su tinción exitosa (ver flechas rojas en fig. 39B), en otras partes, el resto del tinte quedaron adheridas superficialmente en las hebras sin teñir (ver flechas celestes fig. 39A) y también existieron regiones donde no se logró su tinción en absoluto (flechas verdes fig. 39C).

Con la aplicación del tinte B, fue más notable su tinción, ya que se observó que la tinción fue más completa, llegando a una extensión superficial mayoritaria que el tinte A (ver fig. 40 A y B), incluso hubo partes donde el tinte penetró hasta el interior de la hebra (observándose manchas oscuras), como se puede observar con las flechas rojas; pero también hubo regiones donde no logró la tinción como se ve indicada las flechas verdes. Las partes que logró el tinte B alcanzar al interior, podría suponerse que no solo llegó a la capa externa de la hebra, la cutícula, sino que posiblemente la capa intermedia, la corteza. Posiblemente, el tinte B logró alcanzar la corteza debido a que el pH fue alcalino (9), en comparación al tinte A, de pH neutro (7).

Con respecto a los mechones negros decolorados teñidos posteriormente con tinte A, hubo hebras teñidas en toda la superficie, incluso hubo partes mínimas donde se observó que el tinte alcanzó la corteza, posiblemente por el efecto de la decoloración previa, facilitando la penetración del tinte (ver flechas rojas fig. 41 B y C). Asimismo, se pudo observar hebras que no fueron teñidas completamente, apreciándose un color traslúcido blanquecino (ver flechas verdes fig. 41 B y C). Lo que se observó, mayoritariamente, fue restos del tinte aplicado adheridos superficialmente a las hebras, no teñiendo dichas hebras (ver flechas celestes fig. 41 A y B). Con el tinte B, se presencié un color más oscuro que con el tinte A, se observó hebras que lograron ser teñidas superficialmente (ver flechas rojas fig. 42A y B) y también internamente, observándose manchas internas, posiblemente alcanzó la capa intermedia de la hebra, la corteza, efecto de la decoloración y un pH alcalino, lo que pudo actuar como un tinte semipermanente, facilitando la penetración. La flecha verde muestra una hebra de color negro indicando que no se logró decolorar correctamente, dejando aun su pigmento natural, por lo que no se pudo apreciar el tinte aplicado.

Se determinó la pérdida del colorante con una serie de repeticiones de lavadas a los mechones teñidos con los tintes elaborados, comparándolo con una escala colorimétrica cualitativa elaborada con diferentes concentraciones de la muestra de achiote (ver fig. 45). En las tablas 14 a la 17 se refleja un comportamiento similar para los mechones rubios y negros decolorados tanto teñidos con tinte A y B, siendo la primera lavada la mayor pérdida de colorante a comparación de las siguientes lavadas hasta tener una pérdida nula en las últimas lavadas. Si se observa en la tabla 18, el color del mechón rubio virgen fue de color Bistre,

tras la tinción con tinte A y luego de la primera lavada con champú se apreció el color teñido Marrón y a pesar de haber tenido la mayor pérdida de colorante aun conservó un color intenso en el mechón por la tinción reciente. A medida que avanzaron las lavadas, como en la segunda lavada, se apreció el color Ocre Dorado Tostado, y este mismo patrón se observó para el mechón rubio teñido con tinte B, iniciando del color virgen Bistre al color Marrón luego de la tinción y la primera lavada, hasta detectarse el mismo color Ocre Dorado Tostado tras la segunda lavada como con el tinte A. Para ambas situaciones fue a partir de la tercera lavada se obtuvo nuevamente el color Bistre y permaneciendo hasta la sexta lavada, es decir tal como se refleja en las tablas 14 y 15 la pérdida de colorante es aproximadamente a 0%, es decir se conserva el Bistre como color final, teniendo ligeras variaciones en cuanto a la tonalidad, a pesar del mismo color y eso se debe por las lavadas y el tinte utilizado. Al comparar las proporciones del sistema de color RGB, en ambos casos (mechón rubio con tinte A y B), de la primera, segunda e incluso tercera lavada, las proporciones de rojo y verde son mayores y de tono azul es menor, por lo que se preserva aun esa tonalidad rojiza-marrón. A medida del aumento de las lavadas, en la cuarta, quinta y sexta lavada, las proporciones rojo y verde descienden gradualmente y aumenta el tono azul, lo cual le brinda esa tonalidad amarilla grisácea (color Bistre) pero sin llegar como al mechón rubio virgen, ya que conserva aún esa tonalidad de amarillo cálido (ver figs. 50 y 52 con tinte A y figs. 53 y 55 con tinte B). Este cambio gradual también se pudo apreciar bajo microscopio, donde se observó inicialmente (a partir del mechón rubio virgen) una hebra de color café oscuro y al ser sometido al tinte A y luego de la primera lavada, se observó incluso el desprendimiento del tinte A (una coloración café rojiza) alrededor de la superficie de la hebra del cabello. Luego de la segunda lavada se observó que la hebra presentó un color café rojizo oscuro y luego de la tercera lavada, la coloración de la hebra fue más clara, conservando el mismo color en la cuarta, quinta y sexta lavada, variando ligeramente en cuanto a la tonalidad, demostrando así la pérdida gradual del tinte gradual (ver fig. 51). Como se expuso anteriormente, el mismo patrón fue con el tinte B, sin embargo, no se observó claramente el fenómeno de desprendimiento bajo microscopio tras la primera lavada, pero sí el comportamiento de una tinción superficial de la hebra de un color café rojizo que llegó a aclararse ligeramente a medida que se repetían las lavadas (ver fig. 54 y 55). Con esta asociación de pérdida y transición de color, se observó que el tinte A logró retenerse un 54% en los mechones rubios

y un 58% con el tinte B, llegando al mismo color Bistre con una ligera tonalidad más amarillorrojiza con el tinte B debido a la mayor proporción de rojo y verde que el tinte A (ver fig. 66). El mismo comportamiento anterior se observó para los mechones negros decolorados y teñidos con los tintes A y B, con mayor pérdida del colorante en la primera lavada y una pérdida gradual con las lavadas. A simple vista fue notable el cambio de coloración del mechón negro virgen al pasar a una decoloración, debido a la remoción del color natural negro a un color Ocre (resultado de la decoloración) y de ser teñido con tinte A y luego de la primera lavada, obteniendo el color Marrón, pasando al color Ocre Dorado Tostado luego de la segunda y tercera lavada, hasta finalmente permaneciendo el mismo color Bistre en las últimas tres lavadas, ya que no hubo pérdida notoria del tinte (ver tablas 16 y 18 y fig. 58). Esto mismo se vio reflejado en las proporciones del sistema RGB, donde en las últimas lavadas el color de los mechones teñidos se dirigía a un tono amarillo-castaño, por el predominio del color verde, haciendo que la mezcla con rojo y azul se dirigiera a un tono amarillo a diferencia de la primera lavada que su tonalidad se orientó a un color café rojizo, debido al predominio del rojo y menor proporción de los valores azul y verde (ver fig. 58). Lo mismo se apreció con el tinte B, donde fue una transición de color negro natural, a Ocre y luego de la tinción y primera lavada, se obtuvo el Ocre Dorado Tostado, tras la segunda lavada el Ocre Amarillo y a partir de la tercera lavada no hubo pérdida de colorante notorio, tal como se reflejó en la tabla 17, conservando el color Bistre, con una intensidad de coloración menor en las últimas lavadas, demostrado por el aumento gradual los colores verde y azul, lo cual al mezclarse con rojo, orienta una tonalidad amarilla del sistema RGB, variando así las tonalidades, pero conservando el mismo color. La diferencia, en este caso, fue en la quinta lavada donde se detectó el color Melado, siendo ligeramente más claro que la sexta lavada, posiblemente se tuvo un mayor proceso de decoloración que los demás, haciendo que el color del fondo fuera más claro y por lo tanto el resultado del color detectado de la tinción (ver tabla 18 y fig. 61). A través de una vista microscópica, con el tinte A, se apreció la transición del color negro de la hebra de cabello, a un color marrón oscuro superficialmente, por la decoloración (extracción de los pigmentos naturales) y posteriormente, con la tinción y las lavadas una transición de café oscuro superficialmente a un color más claro en las últimas tres lavadas principalmente (ver fig. 57). Con el tinte B, de igual manera, se observó que el tinte logró teñir las hebras superficialmente y con las lavadas,

el color de la hebra se volvió más claro. La transición fue de una hebra negra a café oscuro-rojizo a un café oscuro ligero y únicamente en la primera lavada se observó un lado de la hebra de un color café más claro (ver la primera lavada, el lado derecho del mechón de la fig. 60), debido a la iluminación del microscopio, sin embargo, sigue con el mismo comportamiento descrito anteriormente (ver fig. 60 en general). Con esta asociación de pérdida y transición de color, se observó en este caso, que se logró retener un 33% del tinte A en los mechones y un 54% con el tinte B, esta diferencia pudo deberse a que posiblemente se realizó la primera lavada más riguroso, pero independientemente de la pérdida de colorante, el color que se obtiene finalmente es el mismo, el color Bistre, con una ligera tonalidad más amarilla-rojiza con el tinte B debido a la mayor proporción de rojo y verde que el tinte A (ver fig. 66). Esto demuestra que el color que se obtiene tanto del colorante o tinte A y B, finalmente alcanzan el mismo color en los mechones rubios y negros decolorados, el color Bistre, variando ligeramente en la tonalidad, mas no el color general. La variación que se aprecia como se mencionó para el tinte B, presenta un color más intenso en la formulación y los mechones negros decolorados presentan inicialmente un fondo más intensos que los rubios vírgenes (ver tabla 18 y fig. 66).

A través de cuestionarios se evaluaron las características organolépticas, tanto de los tintes elaborados y de los mechones teñidos (ver figs. 62, 63 y 67). En la gráfica 1 se obtuvo la aceptabilidad por los sujetos masculinos de cabello claro de ambos tintes como producto final. La mayoría prefirió el tinte A, ya que 3 de los 10 sujetos desaprobaron el tinte B, siendo el color del mechón teñido, el olor, textura y envase del producto final, 2 de ellos mismos desaprobaron el brillo del mechón teñido y 1 de ellos desaprobó el color del tinte en sí, la etiqueta del envase y la comprensión de las instrucciones del producto final (ver tabla 22 en anexos). Por lo que hay mayor aceptabilidad del color del tinte A que del tinte B, así como su resultado en los mechones.

En la gráfica 2 se observa el resultado de la aceptabilidad de los tintes A y B evaluados por sujetos femeninos de cabello claro. Nueve de las diez personas evaluadas aprobaron ambos tintes como producto final. Únicamente una persona desaprobó ambos tintes, ya que no aceptó el olor y brillo del mechón teñido, el color, textura, envase y etiqueta del tinte A en sí. Del tinte B, no le agradó el color y olor del mechón teñido, al igual que el color, olor, envase

y etiqueta del tinte en sí (ver tabla 24 en anexos). Esto indica que, de las 10 personas evaluadas, la mayoría aceptan el color del tinte A y B, así como su resultado en los mechones.

Se pudo observar que los sujetos femeninos tuvieron mayor aprobación de ambos tintes que en los sujetos masculinos, aceptando el color resultante en los mechones teñidos y como producto final.

Se observó que los sujetos masculinos con cabello oscuro aprobaron ambos tintes como productos finales, con una preferencia del tinte A que del tinte B. Únicamente con el tinte B presentó una desaprobación de un sujeto, principalmente por el color, textura, brillo y olor del mechón teñido, la idea de decolorarse el cabello previamente, y el color, textura y olor del tinte en sí como se puede observar en la gráfica 3.

De los 10 sujetos masculinos evaluados, todos aprobaron el tinte A como producto final y únicamente 1 sujeto desaprobó el tinte B como producto final (tablas 25 y 26). A pesar de una buena aceptabilidad en general de ambos tintes, la mayoría de los sujetos tuvieron en común la desaprobación de decolorarse el cabello previo a la tinción (8 sujetos no aprobaron decolorarse para el tinte A y 7 para el tinte B (siendo 6 puntos el punteo mínimo)). Evaluando otras características individuales del mechón teñido con el tinte A, se observó que 1 de los 10 sujetos no aprobó el color, 4 sujetos no aprobaron la textura y 2 no aprobaron el brillo (tabla G). Mientras que con el mechón teñido con el tinte B, 2 sujetos no aprobaron el color, 2 sujetos no aprobaron la textura, 3 sujetos no aprobaron el brillo y 1 sujeto no aprobó el olor. En general, de los sujetos evaluados y tomando principalmente el color obtenido en los mechones, sí hay aceptabilidad del color del tinte A (9 sujetos lo aprueban), al igual que con el tinte B (8 sujetos lo aprueban), pero teniendo mayor preferencia con el tinte A.

Esta misma tendencia se pudo observar con las opiniones de los sujetos femeninos con cabello oscuro. En la gráfica 4 se observó una aprobación general de ambos tintes (A y B) como productos finales, con una preferencia del tinte A que el tinte B, ya que hubo una desaprobación del tinte B por un sujeto, principalmente por el color y textura del mechón teñido, la idea de decolorarse previamente el cabello y el olor del tinte en sí (ver tabla 28 en anexos). De acuerdo con las tablas 27 y 28 (en anexos), las desaprobaciones de las características individuales fueron que 6 sujetos femeninos desaprobaron decolorarse el cabello para el tinte A y 6 para el tinte B, de los 10 sujetos evaluados para ambos tintes, ya

que algunas sabían que la decoloración dañaba el cabello, pero al evaluar las características organolépticas en los mechones teñidos finales, hubo aceptabilidad en ellas, únicamente para el tinte A, 3 sujetos no aprobaron el color y también 3 sujetos no aprobaron el color del mechón con tinte B. En cuanto a la textura del mechón, solo 1 sujeto no lo aprobó con el tinte B y con el tinte A todos aceptaron la textura final del mechón. Para el brillo, 4 sujetos no aprobaron el brillo del mechón con tinte A y todos aprobaron o encontraron agradable el brillo del mechón con tinte B. En cuanto al olor del mechón teñido, únicamente 1 sujeto desaprobó con relación al tinte B. Esto determina que las características organolépticas finales de los mechones teñidos reflejan que la decoloración y la tinción, podrían afectar levemente en cuanto al brillo, principalmente con el tinte A, pero observando los resultados fue cuestión más de gustos ya que una mínima cantidad no aprobaron el color teñido de ambos tintes (3 de 10 sujetos), pero sí hay aceptabilidad para ambos tintes como productos finales.

Se puede concluir que el polvo de semillas de achiote tiene la capacidad tintórea en la elaboración de un tinte para cabello, obteniendo en este caso el color Bistre, tanto en pH neutro como en básico, variando en cuanto a tonalidades. Se observa además, una ligera preferencia del tinte A por sus características organolépticas del tinte en sí y su resultado en los mechones aplicados, a pesar de presentar una formulación similar al tinte B.

## 9. CONCLUSIONES

- 9.1.** El polvo de semillas de achiote nacional, contiene los apocarotenoides bixina y norbixina que son los pigmentos que otorgan el color naranja-rojizo a los tintes elaborados.
- 9.2.** Es posible elaborar un tinte a partir del polvo de achiote que cumpla con los requisitos establecidos por la RTCA 71.03.45:07 de cosméticos, en relación a las características organolépticas como el color, olor, aspecto y el pH.
- 9.3.** La variación de pH modifica las características de los tintes elaborados con relación al color, olor y textura al tacto.
- 9.4.** El color final obtenido, tanto en los mechones negros decolorados y rubios teñidos con el tinte A y B, fue el mismo, el color Bistre, a pesar de que los colores iniciales de los mechones teñidos fueron distintos entre ellos.
- 9.5.** El tinte A fue más aceptado que el B por ambos sexos e independiente del color de cabello.

## 10. RECOMENDACIONES

- 10.1.** Evaluar la estabilidad de los tinte elaborados, A y B para determinar la vida media de los mismos y su empleo en los cabellos, así como determinar el potencial del mercado del pigmento en este tipo de productos.
- 10.2.** Evaluar la incorporación del pigmento natural del achiote en otras formulaciones cosméticas como sombras, labiales o rubores, para aprovechar su capacidad tintórea y el tono de color que se obtiene de este pigmento.
- 10.3.** Evaluar la incorporación conjunta con el achiote y otros pigmentos obtenidos de fuente naturales, como del maíz negro o la henna, para obtener más colores variados en la elaboración de tintes para cabellos.
- 10.4.** Utilizar los tintes elaborados, A y B en cabellos que se encuentren teñidos previamente con colores claros, bajo tratamiento estético como alisados y con aspecto de un cabello maltratado, para observar el efecto de tinción de los tintes en estos escenarios.
- 10.5.** Incorporar el pigmento natural del achiote en productos de pinturas para el arte, como en la elaboración de acuarelas aprovechando el apocarotenoides norbixina que es soluble en soluciones acuosas y la bixina en pinturas de óleos, por su solubilidad en soluciones oleosas o aceite.

## 11. REFERENCIAS

- Aguirre, E. (2017). *Obtención y caracterización fisicoquímica del extracto colorante del achiote (Bixa orellana L.) a nivel laboratorio*. (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Alcalde, M. y Pozo, A. (2003). Coloración del cabello: Coloración semipermanente. (1era parte). *OFFARM*, 22(5), 176-178.
- Alegria, S. (2017). *Evaluación de la actividad cicatrizante, en ratas albinas, de la combinación de los preparados galénicos de Bixa orellana L. (Achiote), Ocimum campecheanum Mill. (Albahaca de monte) y Aloe vera L. (Sábila)*. (Tesis magistral). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Altenburgh, M. & Bailey, D. (2002). *Milady's Standard Cosmetology*. Estados Unidos: Thomson.
- Alzate, M. y Díaz, P. (2006). *Elaboración de un producto con base en colorantes naturales para teñir el cabello*. (Tesis de licenciatura). Universidad EAFIT, Medellín, Colombia.
- Anderson, D., Sweeney, D. y Williams, T. (2013). *Estadística para negocios y economía*. (12ª ed.). México: Cengage Learning.
- Arriaga, I. (2007). *Caracterización, extracción y estabilidad de los colorantes naturales presentes en el cáliz de Hibiscus sabdariffa L. (rosa de Jamaica) como alternativa de consumo del colorante artificial rojo no. 40* (tesis de pregrado). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Arroyave, M. y Gómez, P. (2006). *Elaboración de un producto con base en colorantes naturales para teñir el cabello*. (Tesis magistral). Universidad EAFIT, Colombia.
- Alfaro, K. y Aspirós, E. (2016). *Desarrollo de un tinte cosmético natural a base de la semilla de Bixa orellana (achiote) y evaluación de su efecto in vitro*. (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Trujillo, Perú.

- Baki, G. & Alexander, K. (2015). *Introduction to cosmetic formulation and technology*. Estados Unidos: John Wiley & Sons.
- Barahona, L. (2015). *Extracción y caracterización de los pigmentos naturales presentes en Beta vulgaris (remolacha) para la propuesta de una formulación cosmética y evaluación de su estabilidad fisicoquímica y microbiológica* (tesis de pregrado). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Benaiges, A. (2007). Tintes capilares: evolución histórica y situación actual. *OFFARM*, 26(10), 68-72.
- Berenson, M. & Levine, D. (1996). *Estadística básica en administración: Conceptos y aplicaciones*. (6ta ed.). México: Prentice Hall Hispanoamericana.
- Bjerregaard, L. y Peters, A. (2017). *Jornadas de Textiles PreColombinos VII*. Estados Unidos: Zea Books.
- Buffoli, B., Rinaldi, F., Labanca, M., Elisabetta, S., Trink, A., Guanziroli, E, Rezzani, R. & Rodella, L. (2014). The human hair: from anatomy to physiology. *International Journal of Dermatology*, 53 (1), 331-334.
- Casas, N. (2012). *Técnicas y secretos en dibujo: Pintura y restauración*. España: Bubok Publishing.
- Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. (2007). *Manual técnico: El cultivo del achiote, Bixa orellana* L. Recuperado de: <http://www.cich.org/publicaciones/03/CNTAF-Manual-Tecnico-del-Achiote.pdf>
- Clarins. (2018). *Instant light oil confort oil: red berry*. Recuperado de: <https://www.clarinsusa.com/en/instant-light-lip-comfort-oil/C050303007.html>
- Dodson, N. (Youtube). (2017). *Canal tutvid: HEX CODE for Dummies*. De: [https://www.youtube.com/watch?v=6cJd7eyYBFs&list=PLoxAKyji1H\\_ms8ivONWIlqYxIXJMgQoZj&index=8&t=567s](https://www.youtube.com/watch?v=6cJd7eyYBFs&list=PLoxAKyji1H_ms8ivONWIlqYxIXJMgQoZj&index=8&t=567s)

- Draelos, Z. (2011). *Cosmetics and Dermatological Problems and solutions*. (3ra ed.). Estados Unidos: CRC Press.
- Ebert, A., Astorga, C., Ebert, I., Mora, A. y Umaña, C. (2007). *Asegurando nuestro futuro : Colecciones de Germoplasma del CATIE*. Costa Rica: Litrografía e Imprenta.
- Eck, G. (1991). *Process for producing luminescent dyestuffs from plant materials*. Patente US 5,042,989 (27/8/1991).
- Erdogan, B. (2017). *Chapter 2: Anatomy and Physiology of Hair*. Recuperado de: <https://www.intechopen.com/books/hair-and-scalp-disorders/anatomy-and-physiology-of-hair> / doi: 10.5772/67269
- European Union Open Data Portal. (2018). *List of colorants allowed in cosmetic products*. Recuperado de: <https://data.europa.eu/euodp/data/dataset/cosing-list-of-colorants-allowed-in-cosmetic-products/resource/297af670-33db-4dea-b042-538f6bd8085a>
- Feisner, E. & Reed, R. (2014). *Color Studies*. (3ra ed.). Estados Unidos: Bloomsbury Publishing Inc.
- Food and Drug Administration -FDA-. (2018). *Color Additives Permitted for Use in Cosmetics*. Recuperado de: <https://www.fda.gov/cosmetics/labeling/ingredientnames/ucm109084.htm>
- Fundesyam. (s.f.). *Biblioteca Agroecológica: árbol de achiote (Bixa orellana L.)*. Recuperado de: <http://www.fundesyam.info/biblioteca.php?id=2451>
- Gallego, R. y Sanz, J. (2005). *Guía de coloraciones*. (Imagen) recuperado de: [https://es.wikipedia.org/wiki/Negro\\_\(color\)#cite\\_note-GuiaCol-1](https://es.wikipedia.org/wiki/Negro_(color)#cite_note-GuiaCol-1)
- García, L., Juanes, S. y Romera, J. (2011). *Educación plástica y visual*. España: Editex.
- Giridhar, P., Venugopalan, A. & Parimalan, R. (2013). A review on Annatto dye extraction, analysis and processing – A food technology perspective. *Journal of Scientific Research & Reports*, 3(2), 327-348.

- González, A. (1992). Colección y mantenimiento de germoplasma de achiote (*Bixa orellana* L.) en la amazonia peruana. *Folia Amazónica*, 4, (1), 49-63
- González, L. (2015). *Selección y adecuación de la imagen para productos editoriales*. (5<sup>a</sup> ed.). España: Editorial Learning.
- Herrera, L. (2018). “*Efecto de la Concentración de goma arábica y temperatura de aire de secado por aspersión en el contenido de carotenoides totales, Vitamina C y actividad antioxidante de la pulpa de tomate de árbol (Cyphomandra betacea de Solanum betaceum)*” (Tesis de Licenciatura). Peru: Universidad Nacional Del Centro Del Perú
- Homa, R. (Youtube). (2017). *RGB-HexColors- Explained*. De: <https://www.youtube.com/watch?v=hhI4x6hx21s>
- Ibanez, A. (2014). Pigmentos, colorantes y tintes: una particular visión. *Educación en la Química*, 19 (1), 66-75.
- Indecopi. (2015). Biopat Perú: Achiote. *Comisión Nacional contra la Biopiratería*, 1(5), 1-14.
- Indian Journal of Dermatology, Venereology and Leprology. (2013). *Depth of penetration of hair dyes*. Recuperado de: [http://www.ijdv1.com/viewimage.asp?img=ijdv1\\_2013\\_79\\_5\\_654\\_116734\\_f8.jpg](http://www.ijdv1.com/viewimage.asp?img=ijdv1_2013_79_5_654_116734_f8.jpg)
- Instituto de Investigaciones Agropecuarias. (2017). *Colorantes naturales*. Recuperado de: <http://www.inia.cl/alimentos/productos/>
- Instituto Nacional de Salud. (2010). *Achiote*. Recuperado de: [https://web.ins.gob.pe/sites/default/files/Archivos/censi/Achiote\\_Vademecum.pdf](https://web.ins.gob.pe/sites/default/files/Archivos/censi/Achiote_Vademecum.pdf)
- Jara, C., Saavedra, E., Avalos, K., Freyre, E. y Ayala, L. (2018). Development of a cosmetic dye based on the seed of *Bixa orellana* L. (Bixaceae) and evaluation of its in vitro effect. *Scientia Agropecuaria*, 9(1), 133-141.
- Jenny & Yen. (21 de diciembre de 2012). Tarte Achiote Color collection. [Blog Le Beauty School Dropout] Recuperado de:

<http://lebeautyschooldropout.blogspot.com/2012/12/tarte-achiote-color-collection.html>

- Kailbeck, J. (2014). *Cosmética Slow: recetas y consejos de belleza para una cosmética consciente y natural*. Madrid, España: EDAF.
- Kalan. (2007). *Hue Scale image*. Recuperado de: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:HueScale.svg>
- Kumar, M., Venkatesh, M. & Kumar, T. (2017). Colourants and Additives: Existing and Emerging Safety Concernes. *International Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 9(7), 525-533.
- Fevin, L., Nilsson, S., Ver Hoeve, J. & Wu, S. (2011). *Adler's Physiology of the eye*. (11a ed.). China: Elsevier.
- Lauro, G. & Francis, J. (2000). *Natural Food Colorants: Science and Technology: Chapter 6 Annatto by Levy, L. y Rivadeneira, D*. Estados Unidos: Marcel Dekker.
- López, T. (2008). *Propuesta para la obtención de extractos a ser utilizados como indicadores ácido-base e valoraciones de medio acuoso y no acuoso a partir de Bixa orellana Linn. (achiote) e Indigofera suffruticosa Mill (añil)*. (Tesis de Licenciatura). Universidad de El Salvador, San Salvador.
- Martín, J., Pérez, D. y Orozco, M. (2007). Evaluación de colorantes de origen natural y su aplicación en el tinturado de fibras naturales. *Facultad de Ciencias Agropecuarias*, 5(2), 90-102.
- Martínez, M. (2007). *La evaluación de los programas intergeneraciones*. España: Inmerso.
- Mellowship, D. (2009). *Toxic Beauty: How hidden chemicals ins cosmetics harm you*. Inglaterra: Octopus Publishing Group.
- Middleton, K. (2018). *Color theory for the makeup artist: Understanding color and light for beauty and special effects*. Nueva York: Routledge.

- Milady. (2015). *Cosmetología estándar de Milady*. Bostón, Estados Unidos: Cengage Learning.
- Mode, E. (2005). *Elementos de probabilidad y estadística*. Barcelona, España: Reverté.
- Mode, E. (2005). *Elementos de probabilidad y estadística*. Barcelona, España: Reverté.
- Morrison, I. (2012). *The effects of different colouring products on the hair*. Recuperado de: <https://www.slideshare.net/isabellamorrison1962/the-effects-of-different-colouring-products-on-the>
- Muñoz, A. (2013). *Principios de color y holopintura*. España: Club Universitario.
- Murillo, J. (2009). *Manual de cultivo de achiote: Proyecto de Desarrollo de la Cadena de valor y conglomerado*. Recuperado de: <http://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENF01B715mc.pdf>
- Murray, M., Birdsall, T., Pizzorno, J. y Reilly, P. (2004). *La Curación del Cáncer: métodos naturales*. Barcelona, Madrid: Robinbook.
- Office of the Federal Register. (2014). *Title 21: Food and Drugs*. Estados Unidos: U.S. Government Printing Office.
- Picemaps. (s.f.). *Estructura externa del cabello: imagen*. Recuperado de: <https://www.picemaps.com/estructura-externa-del-cabello-estructura/>
- Pillajo, G. (2015). *Quinoa (Chenopodium quinoa), Amaranto (Amaranthus caudatus) y Arginina como ingredientes protectores en tintes para cabello*. (Tesis magistral). Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito.
- Pineda, J. y Saldarriaga, D. (2005). Proceso para obtener colorante a partir de la semilla del aguacate. *Universidad EAFIT*, 41(137), 36-43. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/pdf/215/21513704.pdf>
- Pubchem. (2006). *Annatto*. Recuperado de: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Annatto#section=Top>
- RAE. (2020). *Color*. Recuperado de: <https://dle.rae.es/color>.

- Rahmalia, W., Fabre, J. & Mouloungui, Z. (2015). Effects of Cyclohexane/Acetone ratio on bixin extraction yield by accelerated solvent extraction method. *Elsevier, Procedia Chemistry 14*, 455-464.
- Ramos, J. y Cardenas, H. (2017). *Uso de dos colorantes naturales Rubus ulmifolius (Mora) y Beta vulgaris (remolacha) en el teñido de tela ciento por ciento algodón*. (seminario de pregrado). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Rhyne, T. (2017). *Applying color theory to digital media and visualization*. Estados Unidos: CRC Press.
- Rodríguez, E. y Franco, L. (2000). *Manual de toxicología básica*. Madrid, España: Díaz de Santos.
- RTCA. (2007). *RTCA 71.03.45:07. Productos cosméticos y verificación de la calidad*. Centroamerica: Reglamento Técnico Centroamericano.
- Salvador, V., Lago, I. y Villarosa, D. (2010). *Visión y deporte*. España: Editorial Glosa.
- Sánchez, D., Alfaro, N. y Sandoval, C. (2010). Estructura molecular y desarrollo del pelo. *Dermatología cosmética, médica y quirúrgica*, 8 (1), 54-59.
- Sharma, G., Gadiya, J. & Dhanawat, M. (2018). *A Textbook of Cosmetic Formulations*. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/325023106\\_Textbook\\_of\\_Cosmetic\\_Formulations](https://www.researchgate.net/publication/325023106_Textbook_of_Cosmetic_Formulations)
- Sheahan, M. (2011). *Estándar de Milady Barbería Profesional*. (5ta ed.). Estados Unidos: Cengage Learning.
- Silva, M., García, A., Brito, E. y Carvalho, P. (2018). The Annatto Carotenoids and the Norbixin Absorption Coefficient. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, 77 (1), 1-8.
- Singh, G. (2007). *Chemistry of terpenoids and carotenoids*. India: Discovery Publishing House.

- Skoog, D., West, D., Holler, F. y Crouch, S. (2015). *Fundamentos de química analítica*. (9a ed.). México: Cengage Learning.
- Smith, J. (2006). *Chemical and Technical Assessment: Annatto Extracts*. Recuperado de: <http://www.fao.org/fileadmin/templates/agns/pdf/jecfa/cta/67/annatto.pdf>
- Smolinske, S. (2018). *Handbook of food, drug and cosmetic excipients*. Estados Unidos: CRC Press.
- Solé, A. (2005). *Fiabilidad y seguridad: su aplicación en procesos industriales*. España: Marcombo.
- Thappa, D. (2009). *Clinical Pediatric Dermatology*. India: Elsevier.
- Vila, M. y Miranda, E. (2013). *Cosmética para peluquería*. Madrid, España: Paraninfo.
- Weebly. (s.f.). *Science behind hair dye and bleach*. Recuperado de: <https://sciencebehindhairdye.weebly.com/types-of-dyes.html>
- Wilkinson, J. y Moore, R. (1990). *Cosmetología de Harry*. Madrid, España: Díaz de Santos.
- Wolfgang, A. (2007). *Enzymes in industry: production and applications*. Alemania: Wiley-VCH.
- Zaera, J. y Fort, I. (2012). *Aplicación de cosméticos básicos para cambios de color en el cabello*. Madrid, España: Paraninfo.
- Zaera, J. y Fort, I. (2013). *Coloración capilar*. España: Paraninfo.

## 12. ANEXOS

### 12.1. Generalidades del Achiote (*Bixa orellana* L.)

#### *Bixa orellana* L. (Achiote)

**Fig. 23:** Frutos de *Bixa orellana* L.



**Fig. 24:** Semillas de *Bixa orellana* L.



**Fuente:** Maya-archaeology, 2010

Taxonomía	
<b>Reino</b>	Plantae
<b>División</b>	Magnoliophyta
<b>Clase</b>	Magnoliopsida
<b>Orden</b>	Malvales
<b>Familia</b>	Bixaceae
<b>Genero</b>	<i>Bixa</i>
<b>Especie</b>	<i>B. orellana</i>

**12.1.1. Nombre científico:** *Bixa orellana* L.

**12.1.2. Nombre común:** achiote, urucú, rocú, annatto, onoto y lipstick tree

**12.1.3. Origen:** Al arribar al Nuevo Mundo por los conquistadores españoles, descubrieron una gran cantidad de productos derivados de plantas empleados por los mayas y aztecas. Uno de ellos, el annatto o achiote, es un tinte a base de carotenoides que se extrae de las semillas de la planta *Bixa orellana*. La etimología del nombre binomial corresponde a *bixa*, latinización del portugués *bija* que significa “color rojo” y *orellana*, dedicado al explorador español, Francisco de Orellana (Indecopi, 2015).

**12.1.4. Descripción botánica:** árbol o arbusto de 3-10 m de alto y de corteza pardo.

– Hojas: simples, alternas, ovaladas o acorazonadas, de 8 a 10 cm de

largo y de 4 a 15 cm de ancho, con un ápice acuminado, disminuyendo gradualmente.

- Flores: poseen 5 pétalos, redondos o de forma ovalada de 1 a 2 cm de largo, rosado o blancos.
- Fruto: capsulas de semillas de 3-4 cm de largo, ovoides o cónicos, cubierta por espinas largas y suaves. Color café-rojizo o amarillo, semillas numerosas en celdas de 5 mm de largo, cubiertas de fina pulpa rojo-naranja (fig.23). Del arilo de la semilla se obtiene la bixina y norbixina, apocarotenoides que son los responsables del color y utilizados en la industria alimentaria (fig. 23 y 24). (Alegria, 2017 y Gonzales, 1992)

**12.1.5. Hábitat:** originario de América Tropical, no se encuentra silvestre, pero se cultiva desde México a lo largo de América Central, hasta Brasil, Bolivia, Perú y Ecuador, en alturas de 1,000 msnm (metros sobre el nivel del mar) como vegetación secundaria del bosque tropical perennifolio. En Guatemala se cultiva en: Alta Verapaz, Baja Verapaz, Chiquimula, El Progreso, Escuintla, Izabal, Quetzaltenango, Santa Rosa, Suchitepéquez y Zacapa (Alegria, 2017 y Fundesyram, s.f.).

## 12.2. El cabello natural

El pelo humano tiene diversas funciones importantes, desde la protección de la piel ante roces mecánicos como la regulación homeotérmica. Ejemplificando puede mencionarse la función de las cejas y las pestañas, que evitan la entrada de objetos particulares que puedan dañar el ojo o la función del cuero cabelludo, que previene la radiación solar directa, el frío y daños físicos hacia la cabeza y el cuello (Buffoli, Rinaldi, Labanca, Elisabetta, Trink, Guanziroli...Rodella, 2014).

El cuero cabelludo tiene un impacto social importante, ya que a través del cabello se transmite el rol sexual de una persona, el aspecto social y el estado de salud de una persona, como por ejemplo si presenta problemas de cabello como alopecia, hirsutismo o un cabello maltratado, entre otras (Buffoli, et. al., 2014).

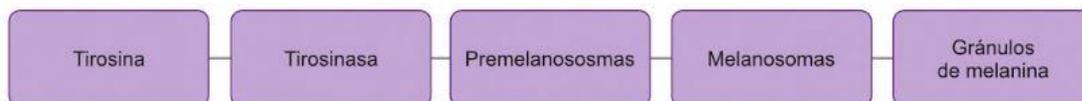
La coloración natural del cabello se debe al pigmento que se encuentran en el córtex o corteza del tallo, llamado melanina. Dependiendo del tipo de pigmento y de la cantidad, se determina el color del cabello, ya sea si es negro, castaño, rubio o pelirrojo (Zaera y Fort, 2013).

La melanina también participa en la pigmentación de la piel y de los ojos. Su función es dar el color respectivo y también en brindar protección contra las radiaciones ultravioletas del sol. En la piel y en el cabello, se encuentran unas células en la capa basal de la epidermis, denominadas melanocitos, es ahí donde se produce la melanina a partir de la melanogénesis.

El proceso comienza con la actuación de la enzima tirosinasa, cuya función es la de activar la producción de melanina a partir de un aminoácido presente en el organismo, la tirosina. La tirosinasa oxida a la tirosina y comienza una serie de reacciones dando lugar a unas vesículas que reciben el nombre de premelanosomas. Una vez formada la melanina, que en este caso se denominan melanosomas, pierden su envoltura dando lugar a gránulos de melanina (fig. 25) (Zaera y Fort, 2013).

Durante el embarazo y sobre el desarrollo embrio-fetal, los melanocitos son transportados desde la capa basal de la epidermis hasta la parte superior de la papila, en la matriz germinativa del pelo. Posteriormente, es transportada en forma de gránulos hasta el córtex o corteza a través de las prolongaciones de los melanocitos activos (Zaera y Fort, 2013).

**Fig. 25.** Proceso de Melanogénesis



El color del cabello, piel y ojos está determinado por una pigmentación que es la que resulta tras el proceso de la melanogénesis y está controlada genéticamente

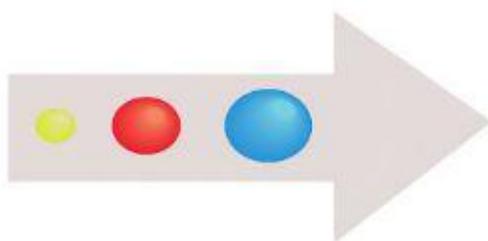
**Fuente:** Zaera y Fort, 2013

La melanina se clasifica de acuerdo al color que confieren al cabello y existe dos tipos de melanina, su concentración varía dependiendo del color que predomine más en el cabello (Vila y Miranda, 2013). Los dos tipos de melanina son los siguientes:

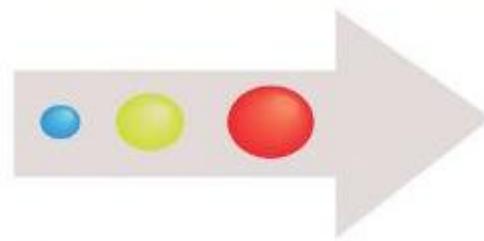
- **Eumelaninas:** abarca coloración desde el marrón hasta el negro y son las más abundantes. Se encuentra en cabellos oscuros, los gránulos de melanina son grandes y elípticos, y se conocen como melanina granulosa. Contiene pigmentos rojos y azules y una proporción baja de pigmentos amarillos (Vila y Miranda, 2013).
- **Feomelaninas:** proporcionan de una coloración de amarillo a rojo y son menos abundantes. En cabellos claros, los gránulos de melanina son pequeños, esféricos y diseminados; se denominan melanina difusa. Contiene pigmentos amarillos y una baja proporción de pigmentos rojos y azules. Una variedad de las feomelaninas son los Tricocromos o Tricosiderinas, que proporcionan una coloración roja al cabello y es el que se encuentra en personas de cabello pelirrojo (Vila y Miranda, 2013 y Zaera y Fort, 2013).

Esto significa que en cada cabello hay varios tipos de pigmentos y el color resultante depende de las cantidades de cada uno de ellos, del número y tamaño de sus gránulos y de su distribución en el córtex. Se observa en las siguientes figuras el resultado del color de cabello de acuerdo a la predominancia de los pigmentos (fig. 26).

**Fig. 26.** Predominancia de pigmentos en el cabello



Si el pigmento azul y rojo son grandes se unen formando pigmentos oscuros y dominantes, las eumelaninas

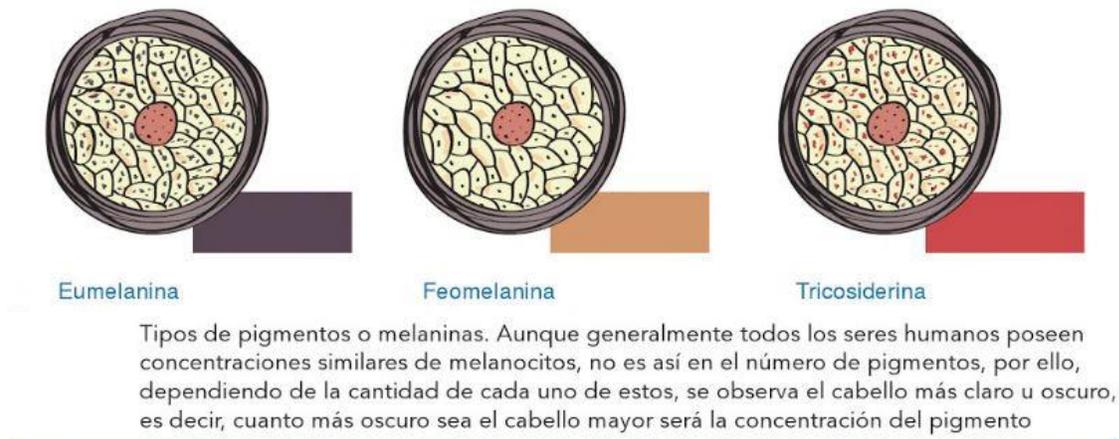


Si el pigmento azul es el pequeño, el color tendrá tendencia a colores naranjas y amarillos, las feomelaninas

**Fuente:** Zaera y Fort, 2013

El tamaño de los gránulos de melanina influye en el color, es decir cuando los gránulos son grandes y abundantes, presentan un tono oscuro (pelo oscuro) y se denominan *melaninas granuladas* o *eumelaninas* y al ser de tamaño reducido, presentan tono claro, denominadas *melaninas difusas* o *feomelaninas* (pelo claro). Existe otro tipo de pigmentos *tricrocromos* o *tricosiderina*, que son de color rojizo (compuesto rico en hierro) (Zaera y Fort, 2013) (fig. 27). La mezcla de ellas en diferentes proporciones ofrece una amplia gama de tonalidades naturales al cabello (Vila y Miranda, 2013).

**Fig. 27.** Tipos de pigmentos



**Fuente:** Zaera y Fort, 2013

### 12.2.1. Anatomía y Química del cabello

El cabello es un cilindro de células queratinizadas compuestas de proteína fibrosa llamada queratina, sustancia albuminoide muy rica en azufre. La queratina constituye la parte fundamental de las capas externas de la epidermis y de los anejos cutáneos. El cabello contiene una proteína estructural adicional llamada proteína matriz cisteína, que es la responsable del alto contenido de azufre del pelo, lo que brinda la extrema solidez e insolubilidad del pelo (Pillajo, 2015).

El cabello está compuesto por 5 elementos fundamentales: carbono (C), oxígeno (O), hidrógeno (H), nitrógeno (N) y azufre (S). Estos elementos

junto con otros de menor importancia forman la sustancia base del cabello, la queratina (Alzate y Díaz, 2006).

La queratina es una proteína, que es el mayor constituyente del cuerpo del cabello humano y contienen un alto contenido de cistina. Sus propiedades son que es insoluble en ácidos, álcalis y solventes que disuelven otras proteínas (Alzate y Díaz, 2006).

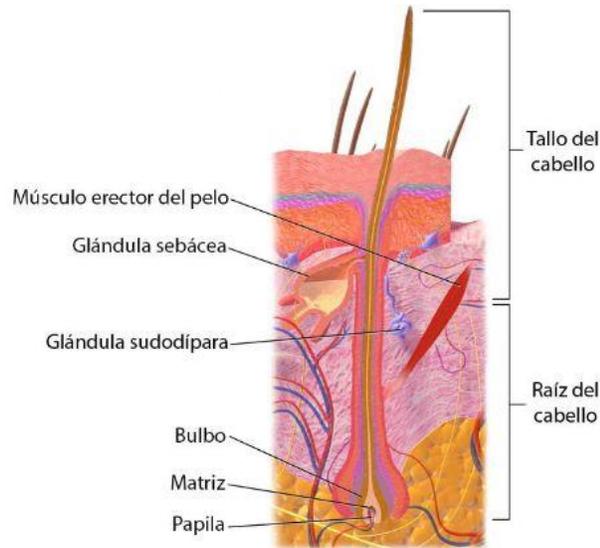
El pelo o cabello es un anexo cutáneo, la continuación del cuero cabelludo, que forma parte de la imagen e identidad de una persona. El cuero cabelludo está formado por dos capas: una capa superficial llamada epidermis y una capa profunda llamada dermis, que es donde se inserta el cabello, incluso puede alcanzar hasta la capa grasa más profunda, la hipodermis, principalmente por los capilares venosos y arteriales de la papila dérmica (ver fig. 29 y fig. 30 para observar los capilares sanguíneos) (Buffoli, et. al., 2014 y Pillajo, 2015).

El cabello que se encuentra dentro de la epidermis y dermis, puede clasificarse en dos regiones, la región inferior es el folículo piloso o raíz del cabello y la región superior, es el tallo piloso o del cabello (ver fig. 28) (Pillajo, 2015).

La región superior es conocida como el tallo piloso y es lo que se proyecta hacia arriba por encima de la superficie de la epidermis, es decir es lo que se observa a simple vista y es la parte más larga del cabello. El tallo es conocido como la parte muerta del cabello, ya que está formada por estructuras capilares flexibles de células epiteliales queratinizadas muertas. Mientras que en la región inferior, donde se encuentra la dermis, se encuentra el folículo piloso donde emerge de la raíz, es la parte viva, ya que contiene células epiteliales que participan en el crecimiento. Estas

células forman parte del bulbo piloso y son las que rodean la papila dérmica (ver fig. 28) (Buffoli, et. al., 2014).

**Fig. 28.** Estructura del cabello



**Fuente:** Picemaps, s.f.

Puede mencionarse que en el segmento o región inferior se encuentra: el bulbo piloso y el folículo piloso. En el segmento inferior y comenzando el tallo piloso, se consideran a su vez dos regiones, siempre internamente de la epidermis, el istmo y el infundíbulo.

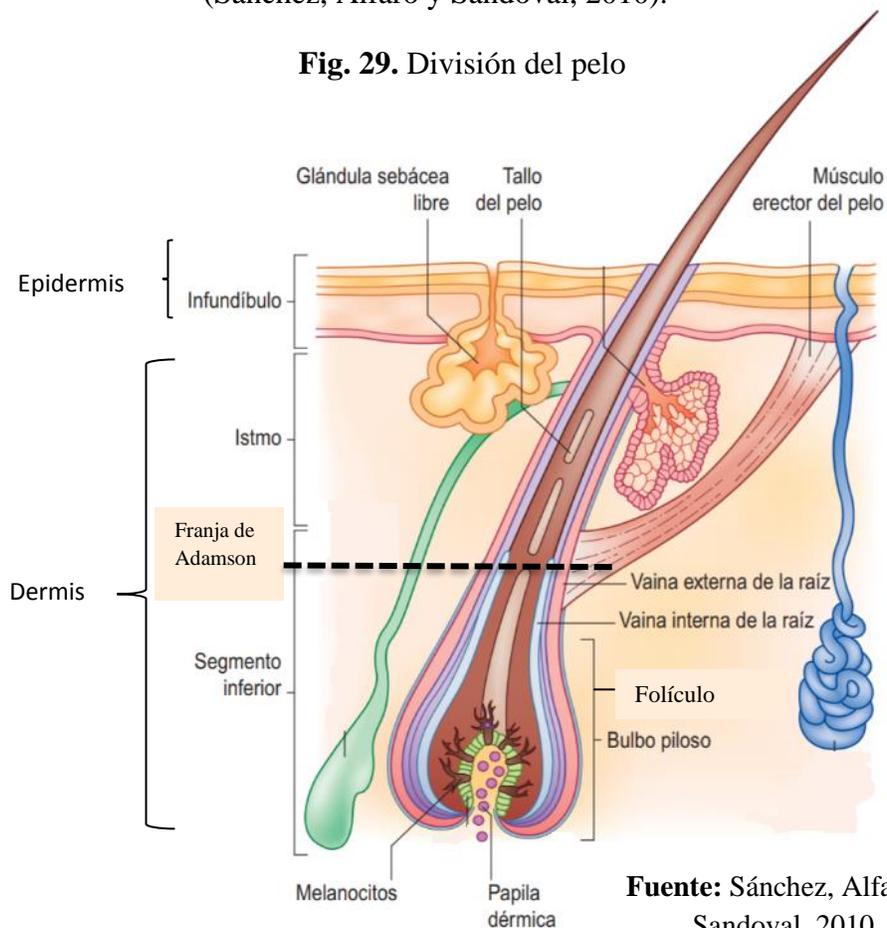
**12.2.1.1. Bulbo piloso:** se extiende desde la base de la papila folicular o papila dérmica, hasta la franja de Adamson (área donde termina la zona queratógena del pelo). Dentro del bulbo se encuentra la papila folicular que en ella, contiene células madre, melanocitos, melanosomas y capilares arteriales y venosos que nutren al pelo (fig. 29) (Sánchez, Alfaro y Sandoval, 2010).

**12.2.1.2. Folículo piloso:** cada pelo emerge de un folículo piloso, cada folículo nace de una raíz, llamada bulbo piloso. En su interior contiene fibroblastos modificados que constituyen la papila dérmica. El folículo abarca desde la franja de Adamson hasta el sitio de

inserción del músculo erector del pelo. En esta sección no presenta capilares sanguíneos (fig. 29) (Sánchez, Alfaro y Sandoval, 2010). Los músculos erectores son las fibras musculares asociadas a cada pelo, su contracción hace que el pelo se erice, cambiando el ángulo de inclinación con relación a la piel, esto aumenta el efecto aislante ante el frío (Pillajo, 2015).

**12.2.1.3. Istmo:** se extiende desde el sitio de inserción del músculo erector del pelo hasta la glándula sebácea (fig. 29) (Sánchez, Alfaro y Sandoval, 2010). Las protuberancias bulbosas, llamadas glándulas sebáceas, son las que producen sebo y tienen la función de aportar protección e hidratación al cabello (Pillajo, 2015).

**12.2.1.4. Infundíbulo:** se extiende desde la glándula sebácea hasta donde emerge el pelo a la superficie de la piel, el tallo piloso (fig. 29) (Sánchez, Alfaro y Sandoval, 2010).



**12.2.1.5. Tallo piloso:** el tallo del pelo se origina de los queratinocitos de la matriz del bulbo y tiene una de las tasas de proliferación más altas del cuerpo. Las células del tallo piloso se ubican en el vértice de la papila dérmica y forman la médula, la corteza y la cutícula, que son capas del tallo piloso (Pillajo, 2015).

Tanto el tallo piloso como el resto del folículo piloso y el bulbo presentan capas que los recubren. Las capas que recubren al bulbo y al folículo piloso, desde el más externo al más interno son: la vaina radicular externa (VRE), la vaina radicular interna (VRI) que a su vez consta de tres capas: la cutícula de la vaina radicular interna (la más interna), capa de Huxley (intermedia) y la capa de Henle (la más externa).

Siguiendo de la VRI, es la cutícula, la corteza y la médula (ver fig. 30) (Pillajo, 2015 y Sánchez, Alfaro y Sandoval, 2010).

En el resto del tallo piloso predominan únicamente las siguientes tres capas, desde la más externa a la interna:

**12.2.1.5.1. Cutícula** (ver fig. 30 y 31)

Constituye el 10% del peso total de la fibra. Forma la capa externa formada por 5-15 capas de células transparentes, sin pigmento, en forma de lámina, imbricadas unas con otras recubriendo toda la fibra capilar hasta la punta de la fibra. Dichas células muertas se queratinizan y se adhieren formando una especie de escamas.

La cutícula cubre el tallo piloso y su integridad y es la capa expuesta a factores externos, por lo que afecta en gran medida el aspecto del pelo. Cuando el pelo abandona el cuero cabelludo,

la cutícula se desgasta, ya que es la que está expuesta a agresiones externas, como luz solar, agentes químicos, cepillado, entre otras (Pillajo, 2015).

#### **12.2.1.5.2. Corteza** (ver fig. 30 y 31)

Dentro de la cutícula, se encuentra la capa intermedia, la corteza, conforma el restante 86-90% de la fibra, por lo que constituye la mayor estructura del cabello. Es la capa que presenta la mayor cantidad de melanina, lo que determina el color del cabello. La melanina está presente tanto en el córtex y la médula del cabello. La corteza forma grandes estructuras con forma de cable, las macrofibrillas, que a su vez contiene microfibrillas compuestas por filamentos intermedios (Pillajo, 2015).

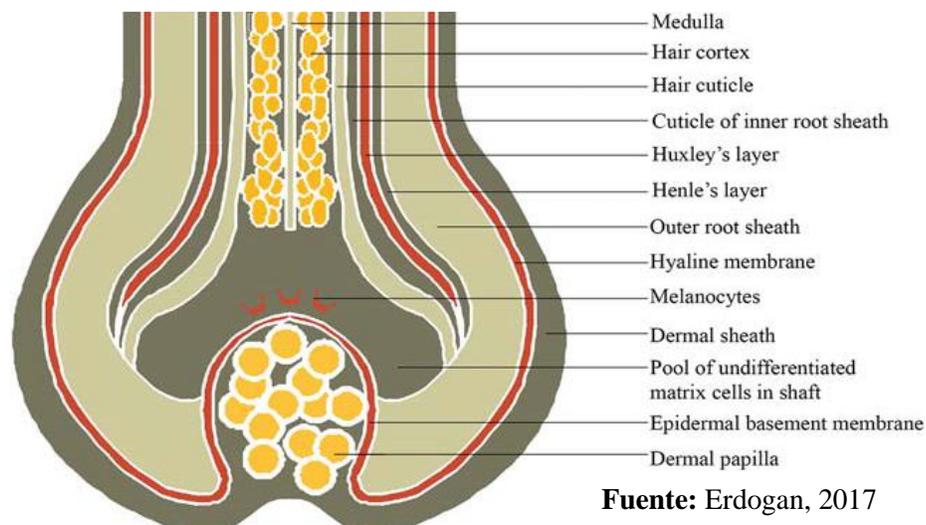
#### **12.2.1.5.3. Médula** (ver fig. 30 y 31)

Es la capa más interna del cabello y no está presente en todos los pelos que cuenta la superficie externa del humano. Está presente principalmente en pelos terminales que presentan más de 60  $\mu\text{m}$  de diámetro y una longitud que puede crecer hasta más de 100 cm de longitud. Los pelos terminales se encuentran como en el cuero cabelludo, cejas y pestañas. Los vellos generalmente tienen menos de 30  $\mu\text{m}$  de diámetro y menos de 2 cm de longitud, por lo que carecen de medula.

La médula corresponde el 21% de la estructura del cabello y está conformada por células córneas redondeadas, están poco queratinizadas y poco unidas entre sí, carente de núcleo y de poca pigmentación. Contiene gránulos eosinófilos ricos del aminoácido citrulina (Erdogan, 2017 y Pillajo, 2015).

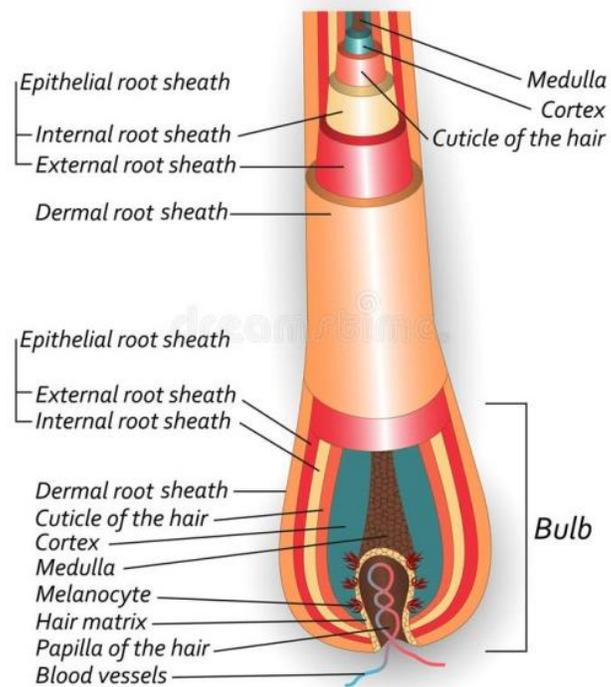
Toda la fibra capilar contiene básicamente agua (10-12%), lípidos, pigmentos y algunos elementos como carbono (45.2%), hidrógeno (6.6%), oxígeno (27.9%), nitrógeno (15.1%) y azufre (5.2%). Estos elementos unidos forman aminoácidos y a su vez, forman la queratina (Pillajo, 2015). La queratina del cabello se diferencia con queratina de la piel que hay en la capa cornea, en que las células quedan unidas con otras, dando una queratina más dura (Pillajo, 2015).

**Fig. 30** Folículo piloso interno



**Fuente:** Erdogan, 2017

**Nota:** Médula (Medulla), Córtex (Hair córtex), Cutícula (Hair cuticle), Vaina radicular interna (Inner root sheath), capa de Henle (Henle's layer), capa de Huxley (Huxley's layer), Vaina radicular externa (Outer root sheath), Melanocitos (Melanocytes), Papila folicular (Dermal Papilla), Capilares sanguíneos (Blood vessels).

**Fig. 31** Estructura del pelo

**Fuente:** Yakhontova, 2018

**Nota:** Médula (Medulla), Córtex (Hair córtex), Cutícula (Hair cuticle), Vaina radicular interna (Inner root sheath), capa de Henle (Henle's layer), capa de Huxley (Huxley's layer), Vaina radicular externa (Outer root sheath), Melanocitos (Melanocytes), Papila folicular (Dermal Papilla), Capilares sanguíneos (Blood vessels).

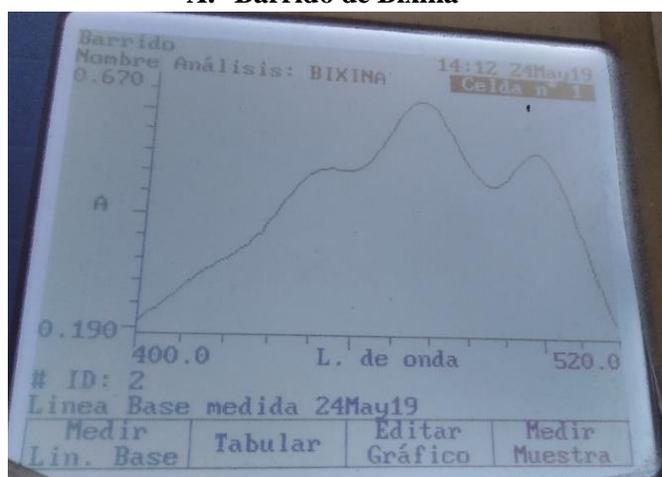
### 12.3. Anexos de la Investigación

**Fig. 32:** Prueba de identificación cualitativa de carotenoides



**Fig. 33:** Identificación de carotenoides por espectrofotometría UV-Vis

#### A. Barrido de Bixina



Barrido  
Nombre Análisis: BIXINA 14:14 24May19  
Celda n° 1

L. de onda	Abs
470.0	0.645
471.0	0.645
472.0	0.642
473.0	0.637
474.0	0.630
475.0	0.620
476.0	0.610
477.0	0.597
478.0	0.583
479.0	0.569

# ID: 2  
Linea Base medida 24May19

Medir	Gráfico	Editar	Medir
Lin. Base		Datos	Muestra

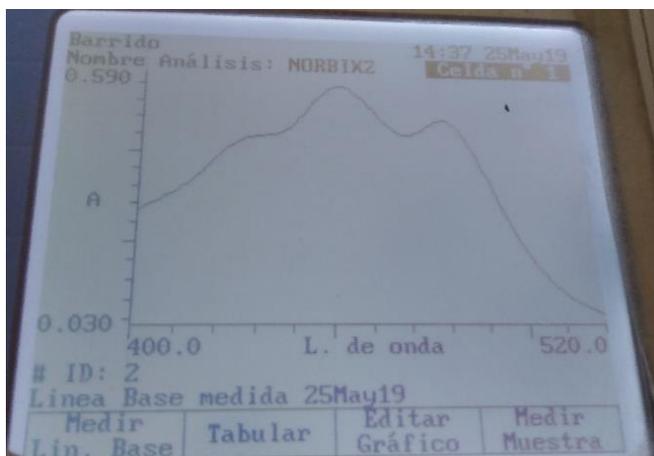
Barrido  
Nombre Análisis: BIXINA 14:14 24May19  
Celda n° 1

L. de onda	Abs
500.0	0.546
501.0	0.548
502.0	0.547
503.0	0.544
504.0	0.537
505.0	0.529
506.0	0.516
507.0	0.502
508.0	0.485
509.0	0.463

# ID: 2  
Linea Base medida 24May19

Medir	Gráfico	Editar	Medir
Lin. Base		Datos	Muestra

### B. Barrido de la Norbixina



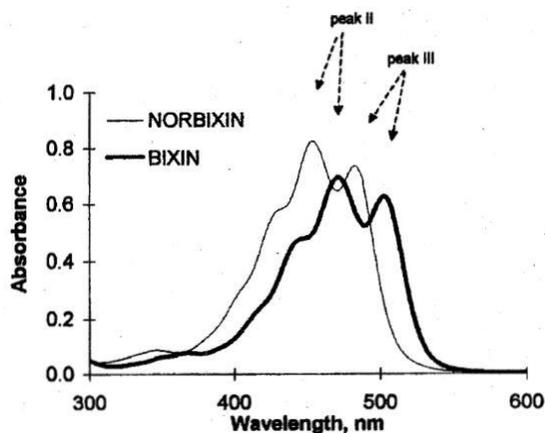
L. de onda	Abs
450.0	0.555
451.0	0.560
452.0	0.563
453.0	0.564
454.0	0.564
455.0	0.561
456.0	0.556
457.0	0.550
458.0	0.542
459.0	0.534

# ID: 2  
Linea Base medida 25May19  
Medir Gráfico Editar Medir  
Lin. Base Datos Muestra

L. de onda	Abs
480.0	0.483
481.0	0.484
482.0	0.483
483.0	0.480
484.0	0.475
485.0	0.468
486.0	0.457
487.0	0.444
488.0	0.431
489.0	0.416

# ID: 2  
Linea Base medida 25May19  
Medir Gráfico Editar Medir  
Lin. Base Datos Muestra

### C. Barrido Teórico de Bixina y



The main peak of *cis*-bixin is at 471 nm. It would normally be considered the first peak, but it is, by convention, designated as peak II. A lower but well-defined second peak is at about 503 nm and is designated by convention as peak III. For norbixin in 0.1 N NaOH, peak II is at 453 nm and peak III at 482 nm

**Fuente:** Levy & Rivadeneira (Capítulo 6 -Annatto-) del Libro Natural Food Colorants de Lauro & Francis, 2000

## Pruebas Iniciales

### Preparaciones de mechones claros (rubios) y oscuros (negro)

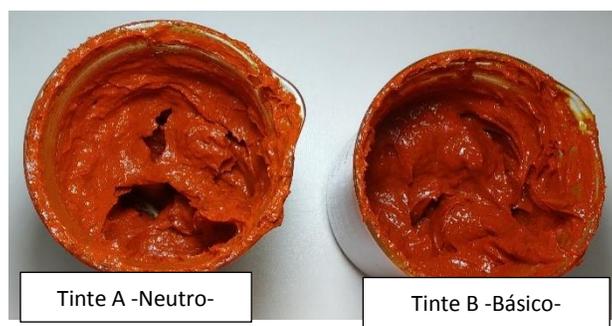
**Fig. 34:** Cabello natural virgen de color negro y preparación de mechones

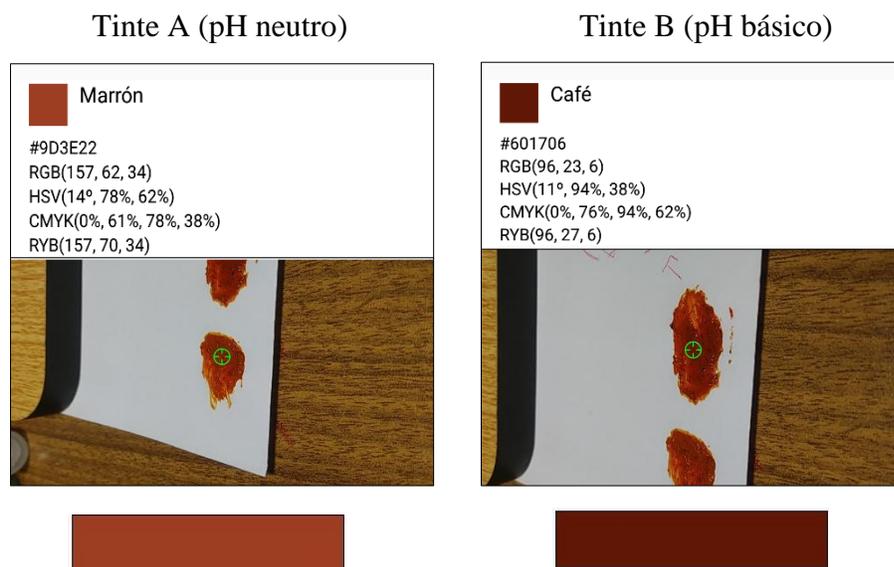


**Fig. 35:** Cabello natural virgen de color rubio y preparación de mechones



**Fig. 36:** Formulación del tinte de cabello en diferente pH



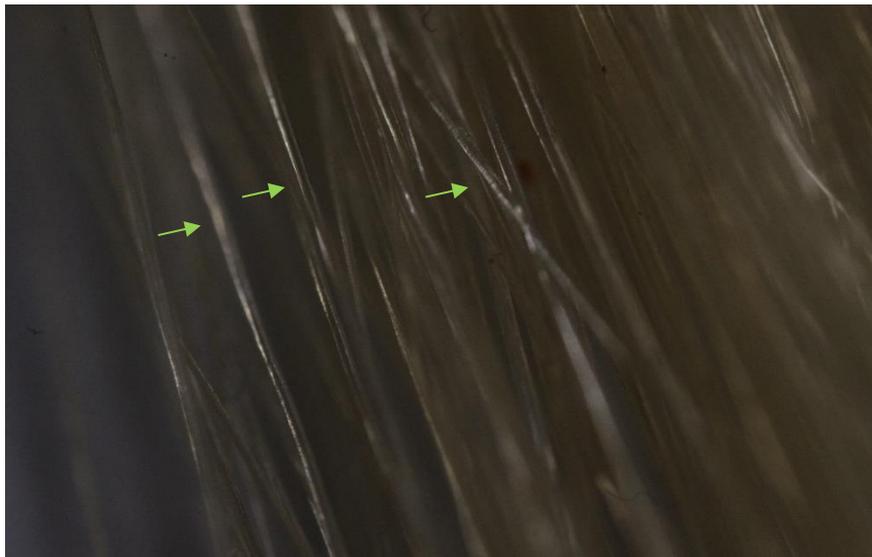
**Fig. 37.** Color detectado de los tintes elaborados**Fig. 38.** Visualización de mechón rubio virgen

**B.**

Las **figs.38 A y B** muestran el mechón de rubio virgen, es decir sin ningún tinte aplicado. Las flechas verdes muestran cómo las hebras presentan un color blanquecino traslúcido, característico de este cabello claro rubio virgen. Con las siguientes figuras (**fig. 26** en adelante) se observa la diferencia cuando las hebras se encuentran teñidas por los tintes elaborados.

**Fig. 39.** Visualización de mechones rubios teñidos con tinte A

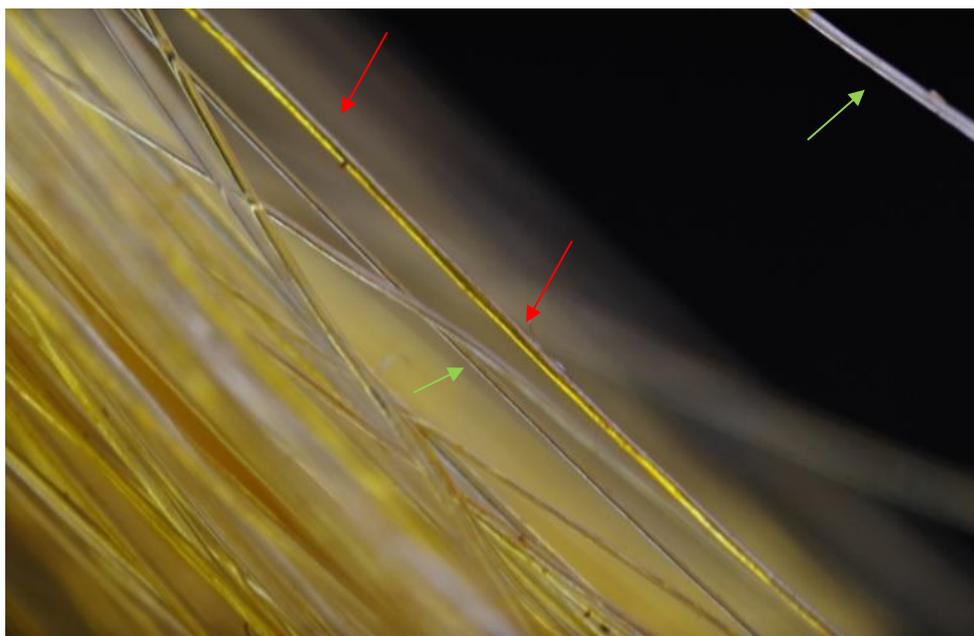
**A.**

**B.****C.**

En las **fig. 39** se puede observar que el tinte A tuvo una menor coloración en las hebras del mechón del cabello rubio, ya que al comparar con la fig. 27 (la siguiente imagen) el color es más intenso. También se observa que solo en ciertas regiones de las hebras se encuentran teñidas, presentando un tono dorado pálido como lo indican las flechas rojas (**fig. B**). Las flechas celestes indican los restos del tinte que quedaron adheridos en ciertas partes del mechón (**fig. A**) y las flechas verdes indican las hebras que no lograron teñirse con el tinte, ya que se observa traslúcido y no un color amarillo o dorado pálido (**fig. C**).

**Fig.40** Visualización de mechones rubios teñidos con tinte B

**A.**

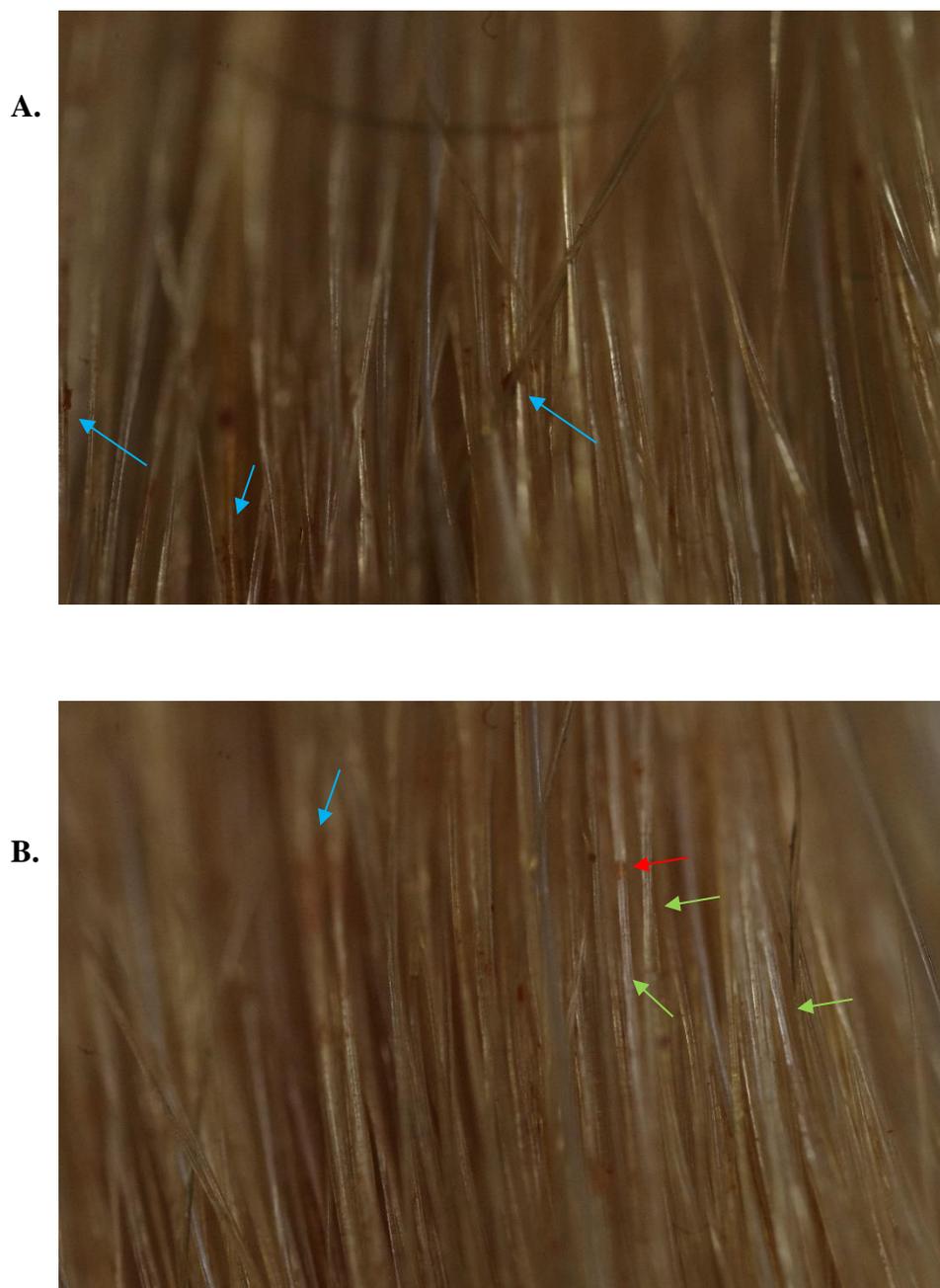


**B.**

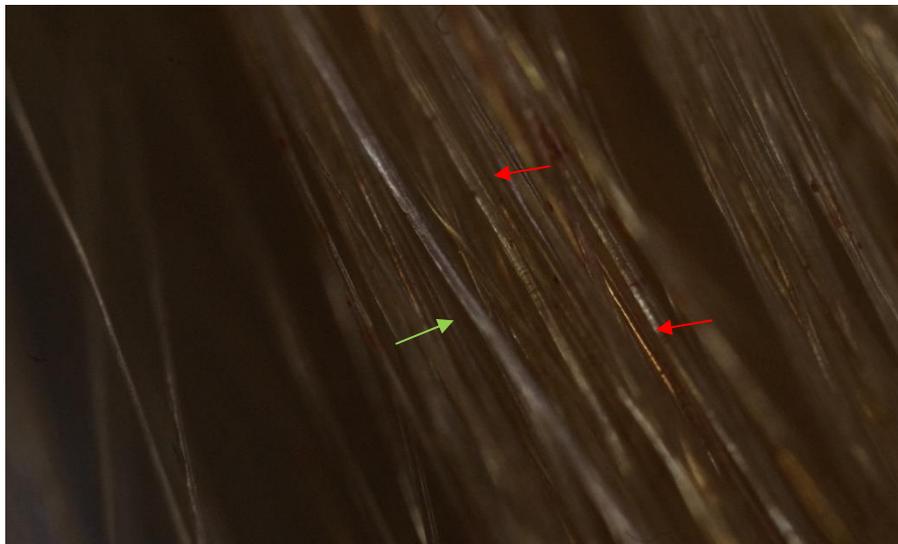


Las flechas rojas de la **fig. 40** indican que el tinte logró teñir la hebra del cabello a nivel superficial como la **fig. A**, incluso como se observa en la **fig. B** existe regiones donde el tinte tiñó el interior de la hebra. Las flechas verdes indican las regiones de las hebras donde no lograron ser teñidas por el tinte, por lo que se ve como traslúcidas.

**Fig. 41.** Visualización de mechones negros decolorados teñidos con tinte A



C.



Con la aplicación del Tinte A en mechones negros decolorados, se pudo observar tanto hebras teñidas, ya sea en toda la superficie y en ciertas regiones como lo indican las flechas rojas en el interior de la hebra (corteza) (**figs. B y C**). Asimismo, se pudo observar hebras que no fueron teñidas completamente, apreciándose un color traslúcido blanquecino, como lo indican las flechas verdes (**figs. B y C**). Por último, se pudo observar incluso, restos del tinte aplicado que quedaron adheridas superficialmente a las hebras, como las que indican las flechas celestes (**figs. A y B**).

**Fig. 42.** Visualización de mechones negros decolorados teñidos con tinte B

A.

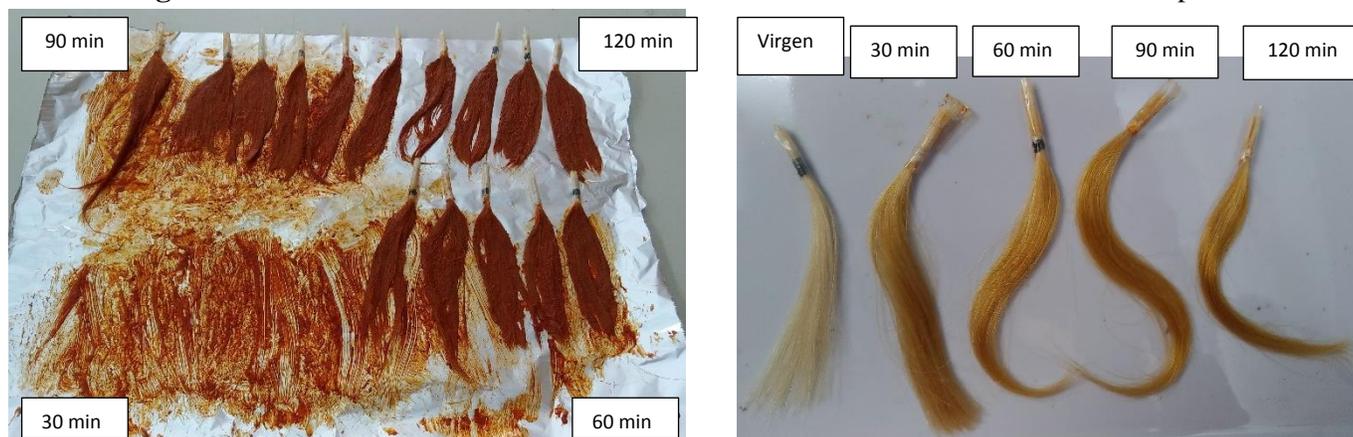


B.



En la **fig. 42.** las flechas rojas indican que el tinte logró teñir la hebra del cabello a nivel superficial, como se observa en la **fig. A y B.** Existe regiones donde el tinte tiñó el interior de la hebra (alcanzando la corteza) y es lo que se pudo observar como especie de manchas internas. La flecha verde muestra una hebra de color negro indicando que no se logró decolorar correctamente, dejando aun su pigmento natural, por lo que no se pudo apreciar el tinte aplicado.

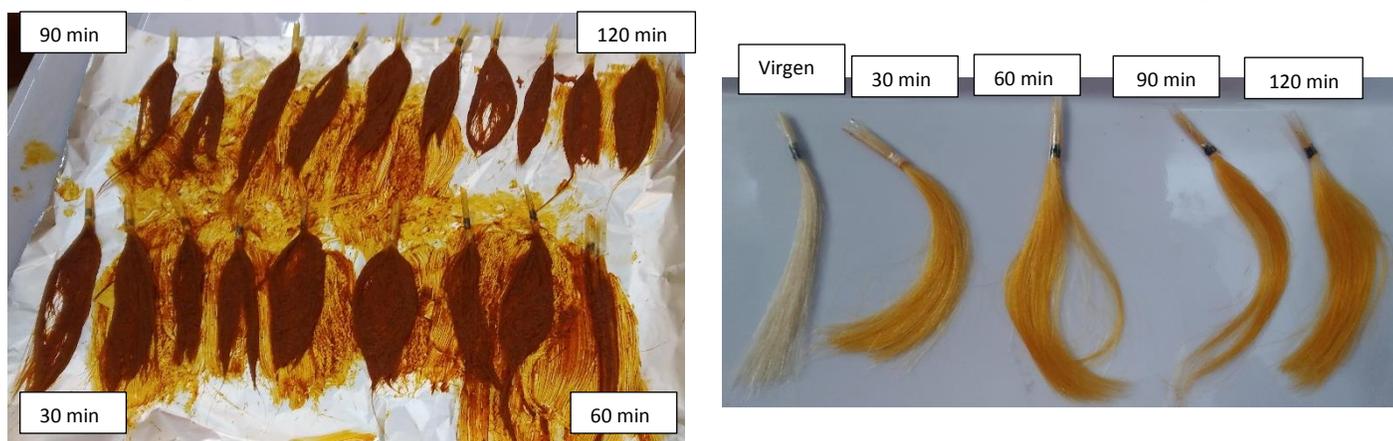
**Fig. 43:** Mechones de color rubio sometidos a tinción en medio neutro a diferentes tiempos



**43A** Proceso de tinción de mechones claros en medio neutro a diferentes tiempos (30, 60, 90 y 120 min)

**43B** Coloración final obtenida de los mechones teñidos en medio neutro a diferentes tiempos en seco

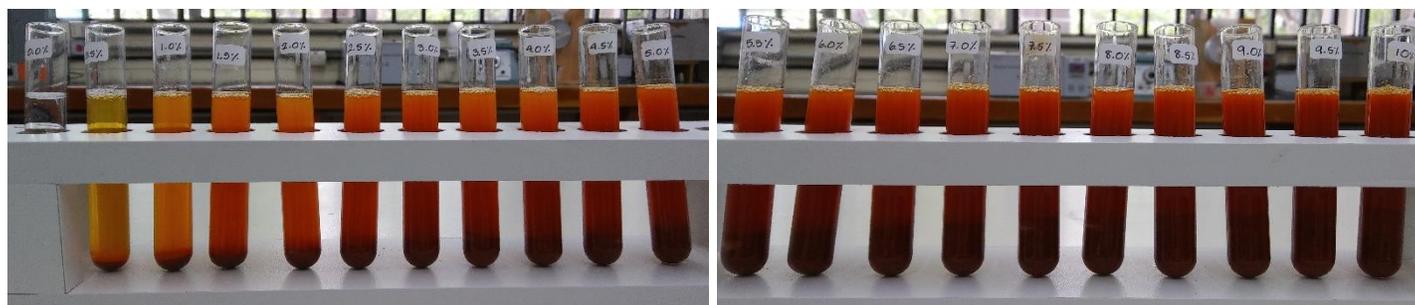
**Fig. 44.** Mechones de color rubio sometidos a tinción en medio básico a diferentes tiempos



**44A** Proceso de tinción de mechones claros en medio básico a diferentes tiempos (30, 60, 90 y 120 min)

**44B** Coloración final obtenida de los mechones teñidos en medio básico a diferentes tiempos en seco

**Fig. 45** Escala colorimétrica cualitativa a diferentes concentraciones de achiote



Concentraciones desde 0% a 10% de achiote

**Fig. 46** Proceso de coloración de mechones rubios en medio neutro por 60 min y sus respectivas lavadas

**Fig. 46A.** Mechones rubios teñidos con el tinte en medio neutro (Fase inicial y Fase final)

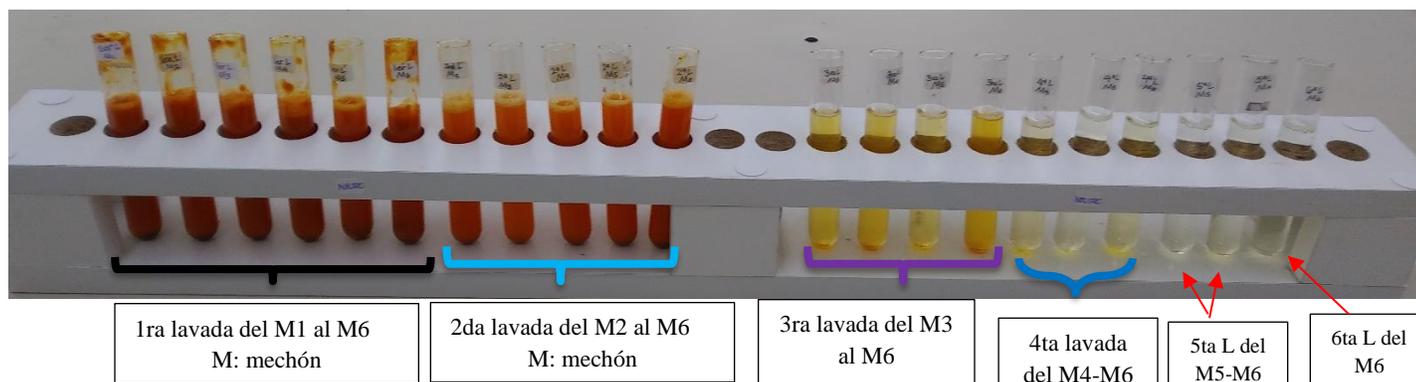
Fase inicial (mechones sin tinte)

Fase media (mechones con tinte aplicado)

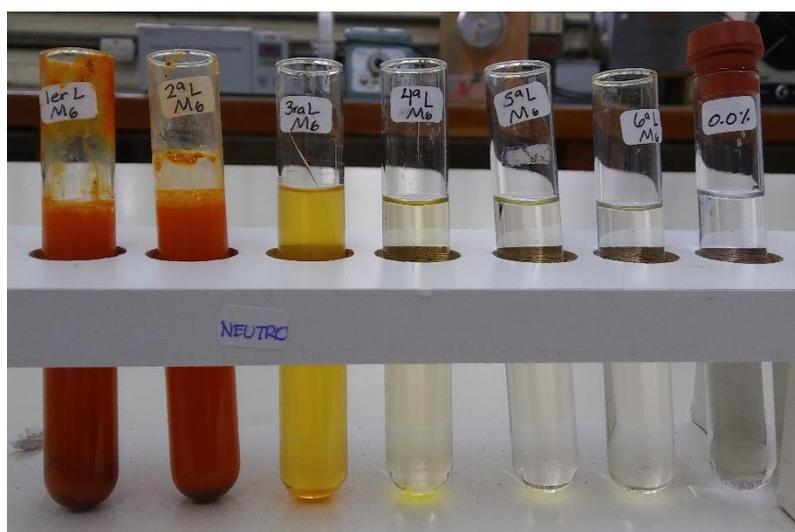
Fase final (mechones con proceso de lavado)



**Fig. 46B.** Repeticiones de lavadas de mechones rubios en medio neutro por 60 min.



**Fig. 46C.** Mechón rubio teñido en medio neutro sometido a 6 repeticiones de lavadas



L: lavada, M6: mechón no. 6  
0.0%: tubo patrón con 0% de concentración de achiote

**Fig. 47.** Proceso de coloración de mechones rubios en medio básico por 30 min y sus respectivas lavadas

**Fig. 47A.** Mechones rubios teñidos con el tinte en medio básico (Fase inicial y Fase final)

Fase inicial (mechones sin tinte)



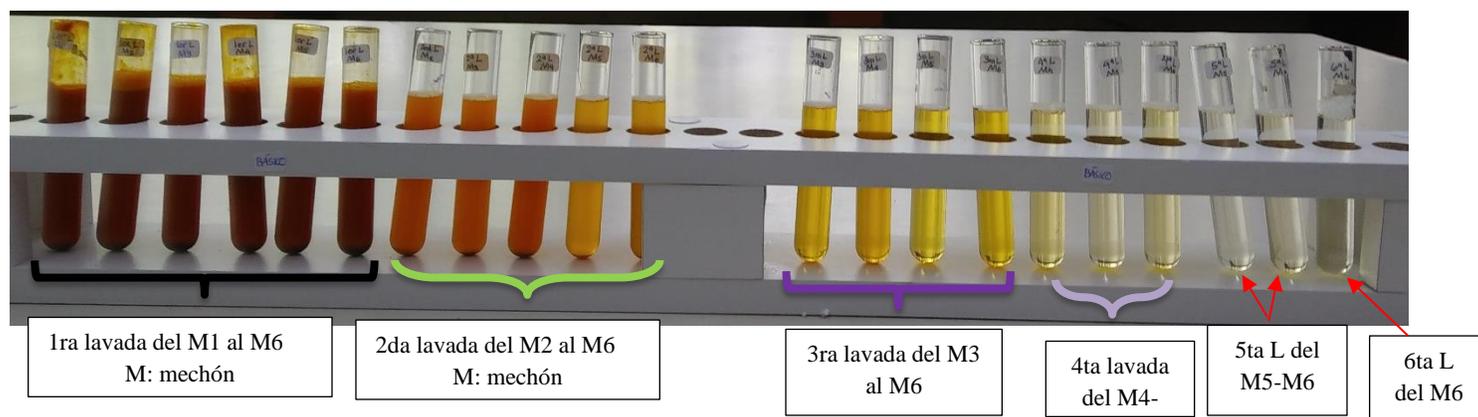
Fase media (mechones con tinte aplicado)



Fase final (mechones con proceso de lavado)



**Fig. 47B** Repeticiones de lavadas de mechones rubios en medio básico por 30 min.



**Fig. 47C** Escala colorimétrica cualitativa a diferentes concentraciones de achiote con lavadas de los mechones rubios en medio básico



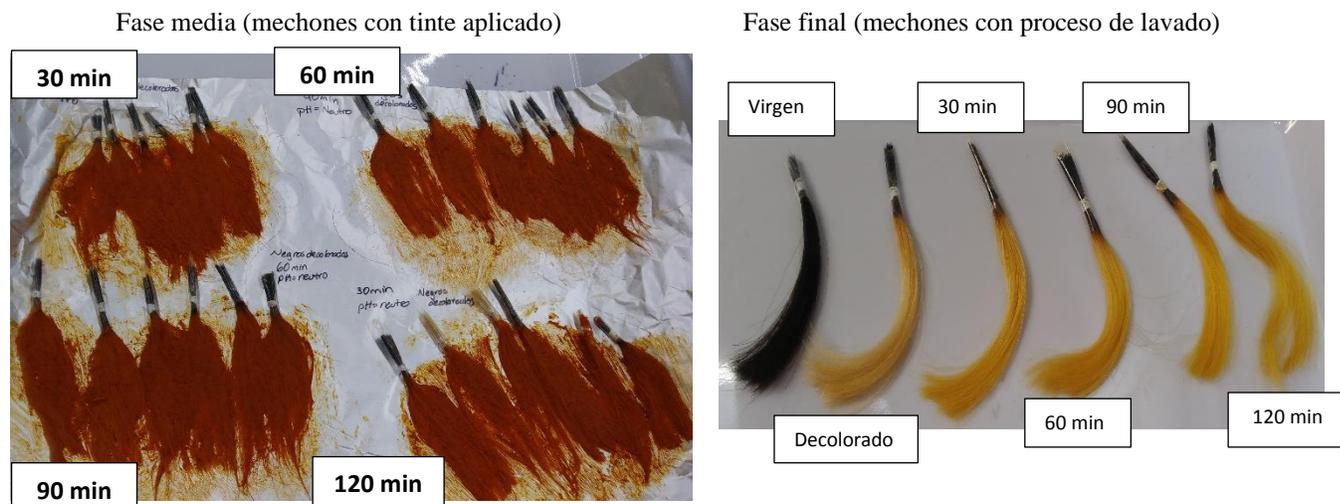
**Fig. 47D.** Mechón rubio teñido en medio básico sometido a 6 repeticiones de lavadas



**L:** lavada, **M6:** mechón no. 6

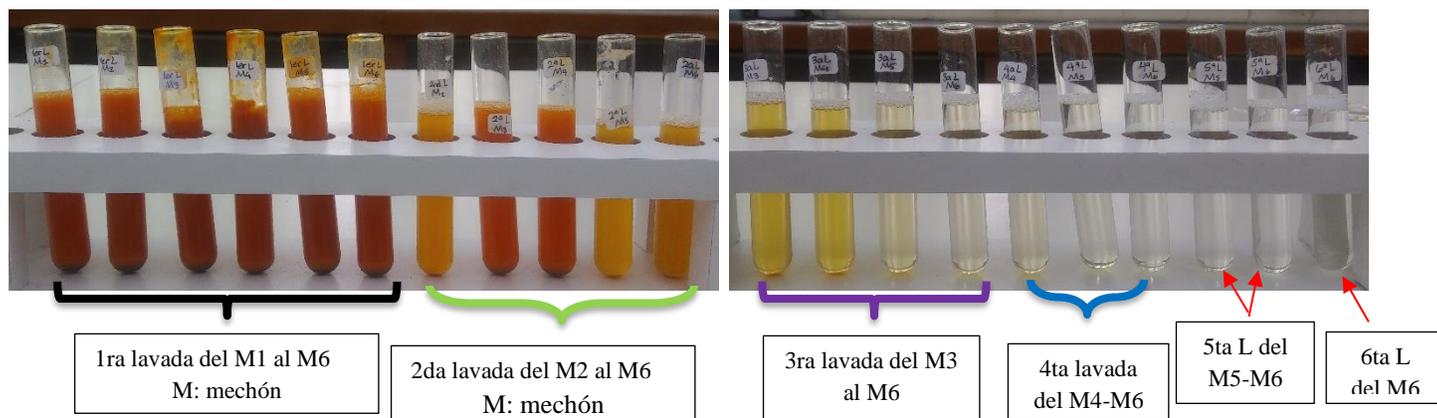
**Fig. 48.** Proceso de coloración de mechones negros decolorados en medio neutro a diferentes tiempos y sus respectivas lavadas

**Fig. 48A.** Mechones negros decolorados teñidos con el tinte en medio neutro (Fase inicial y Fase final)



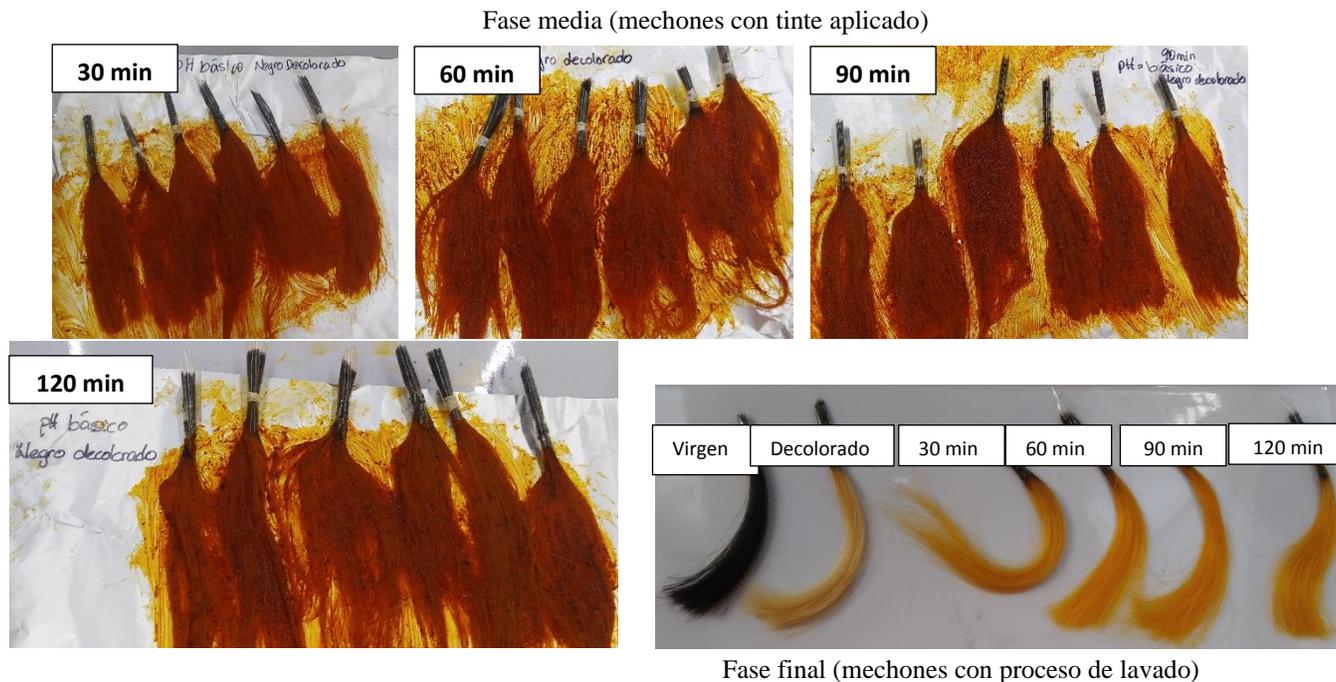
Distintos mechones negros decolorados en tinción de medio neutro en 30, 60, 90 y 120 min. En la segunda imagen se observa los grupos de mechones teñidos a diferentes tiempos posterior a un lavado.

**Fig. 48B.** Repeticiones de lavadas de mechones negros decolorados en medio neutro por 90 min.



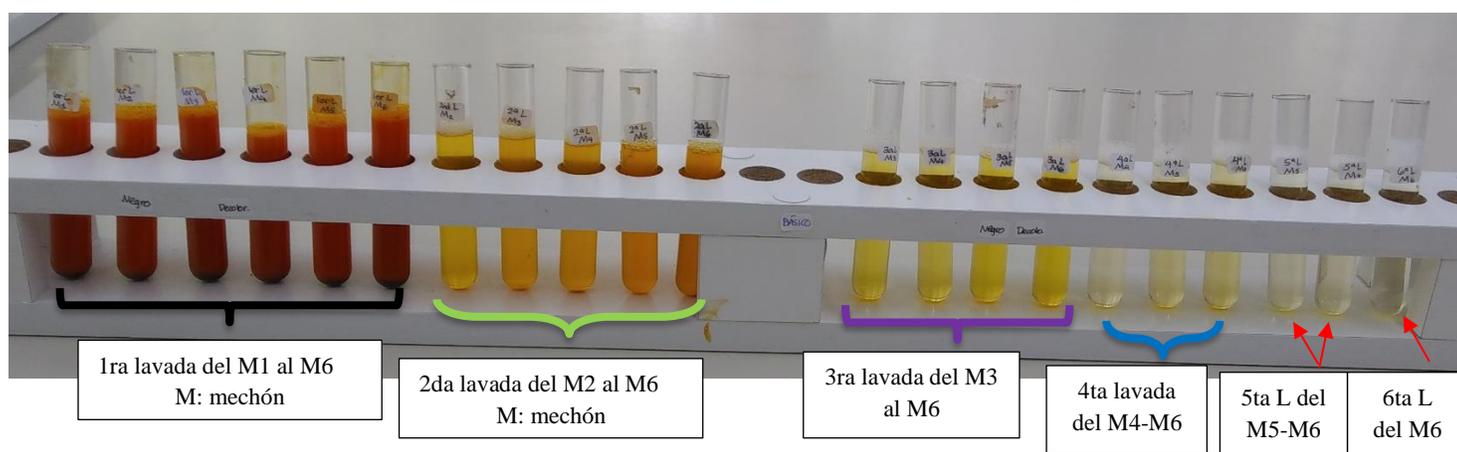
**Fig. 49.** Mechones negros decolorados en proceso de tinción en medio básico en diferentes tiempos

**Fig. 49A.** Mechones negros decolorados teñidos con el tinte en medio básico (Fase inicial y Fase final)



Distintos mechones negros decolorados en tinción de medio básico en 30, 60, 90 y 120 min. En la segunda se observa los grupos de mechones teñidos a diferentes tiempos posterior al lavado.

**Fig. 49B.** Repeticiones de lavadas de mechones rubios en medio básico por 60 min.



**Fig. 49C.** Mechón negro decolorado teñido en medio básico sometido a 6 repeticiones de lavadas

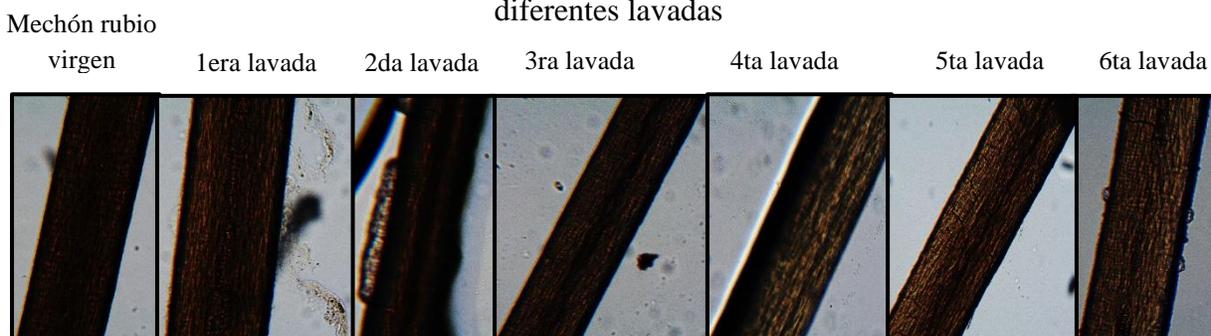


**L:** lavada, **M6:** mechón no. 6

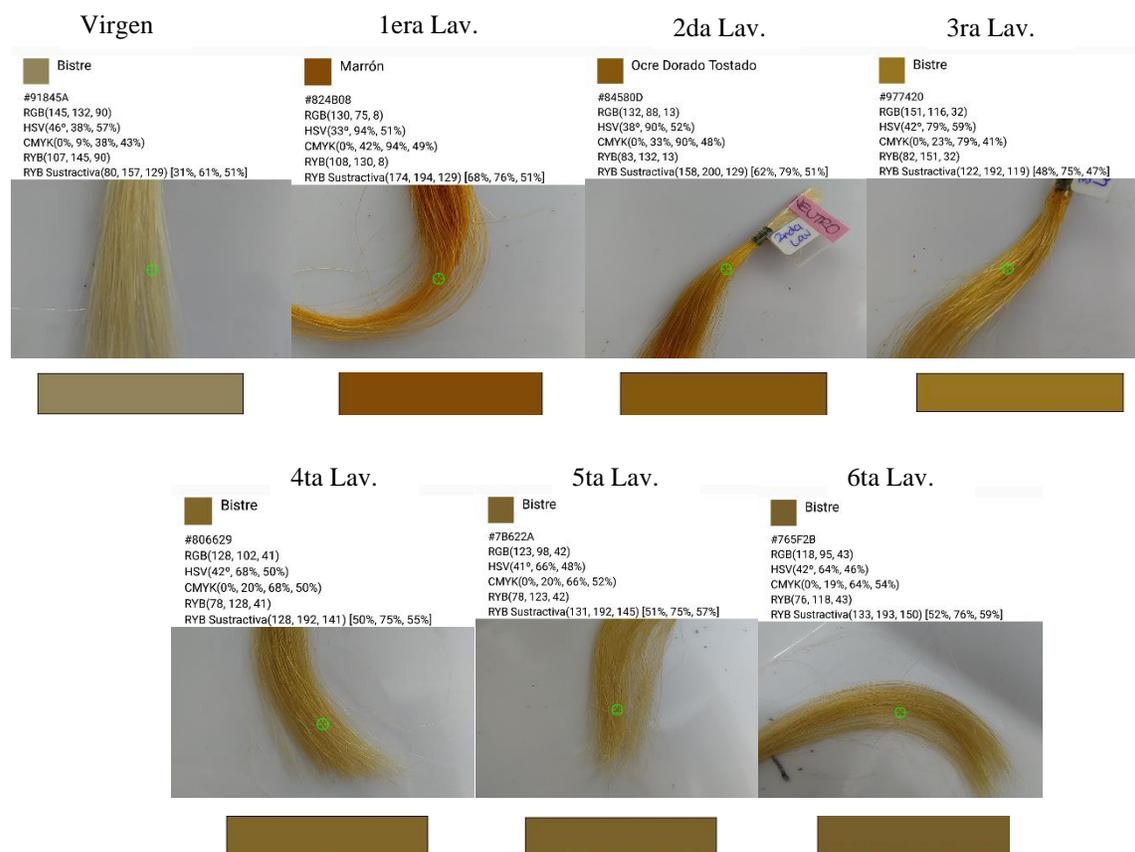
**Fig. 50.** Mechones rubios teñidos en medio neutro (Tinte A) sometidos a 6 repeticiones de lavadas



**Fig. 51.** Mechones rubios teñidos en medio neutro (tinte A) visualizados en microscopio a diferentes lavadas



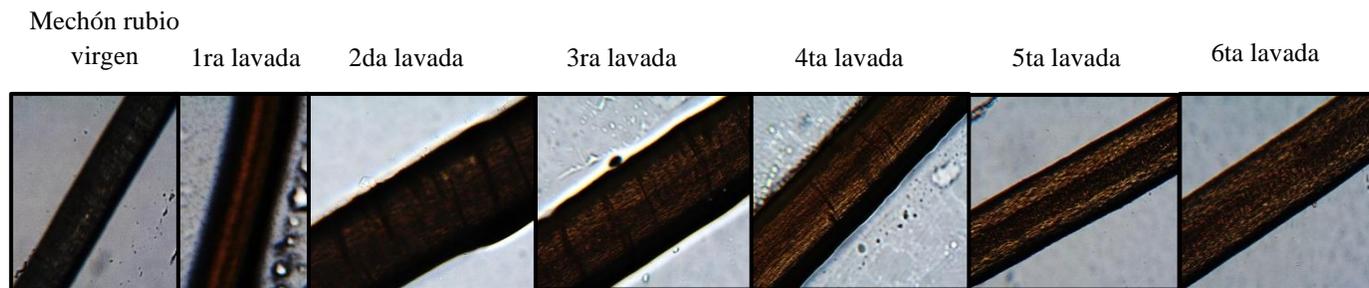
**Fig. 52.** Color detectado en mechones rubios teñidos en medio neutro (tinte A) luego de cada lavada



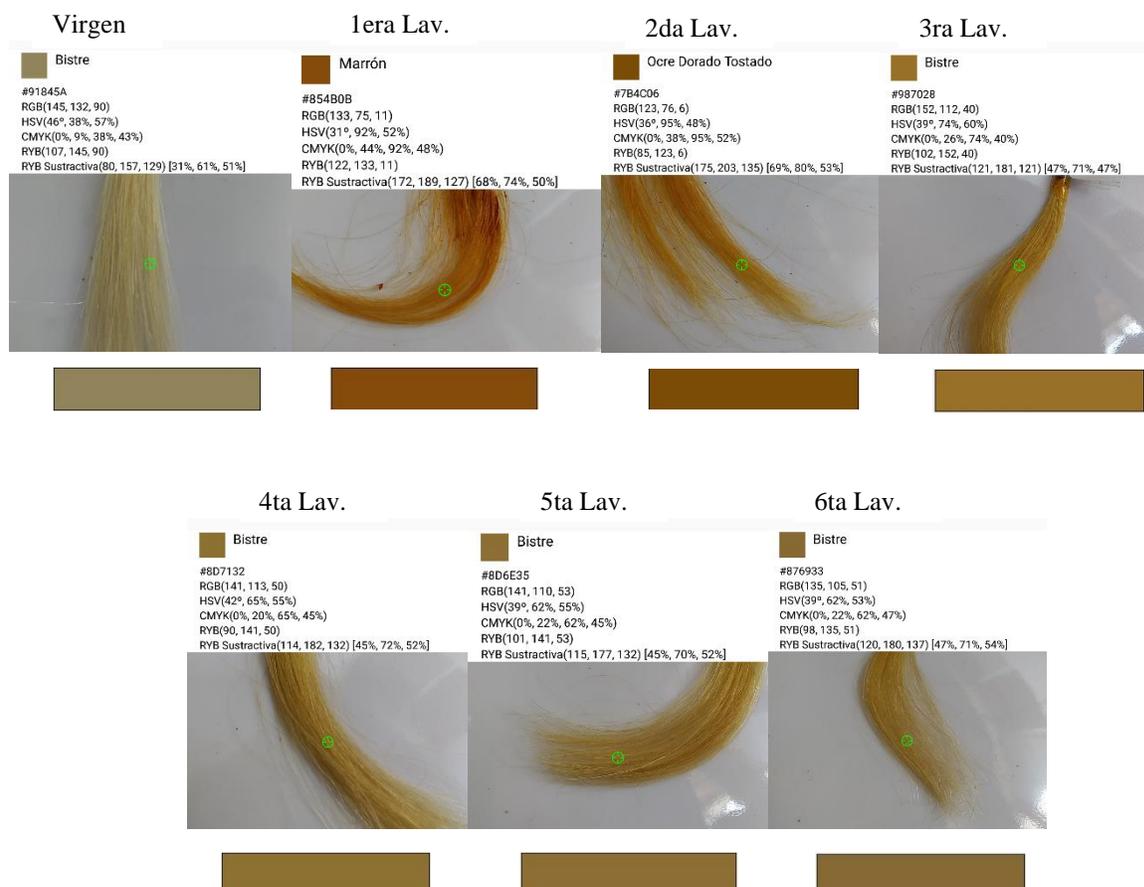
**Fig. 53.** Mechones rubios teñidos en medio básico (Tinte B) sometidos a 6 repeticiones de



**Fig. 54.** Mechones rubios teñidos en medio básico (tinte B) visualizados en microscopio a diferentes lavadas



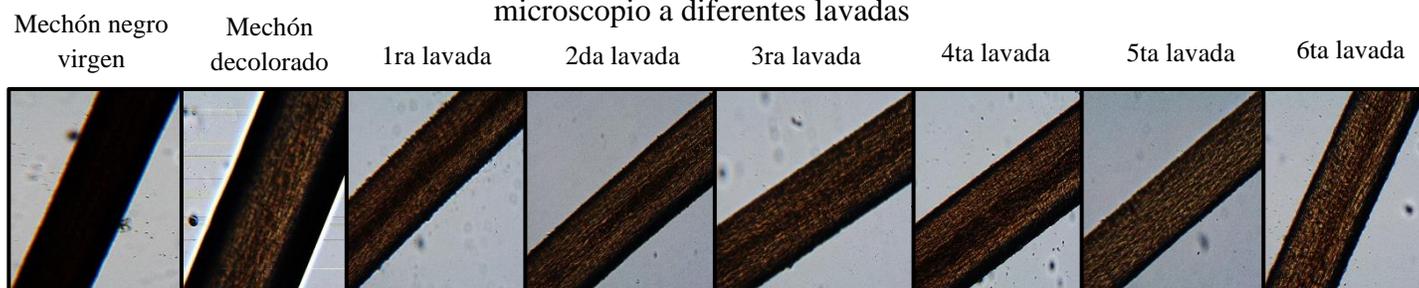
**Fig.55.** Color detectado en mechones rubios teñidos en medio básico (tinte B) luego de cada lavada



**Fig. 56.** Mechones negros decolorados teñidos en medio neutro (Tinte A) sometidos a 6 repeticiones de lavadas



**Fig. 57.** Mechones negros decolorados teñidos en medio neutro (tinte A) visualizados en microscopio a diferentes lavadas



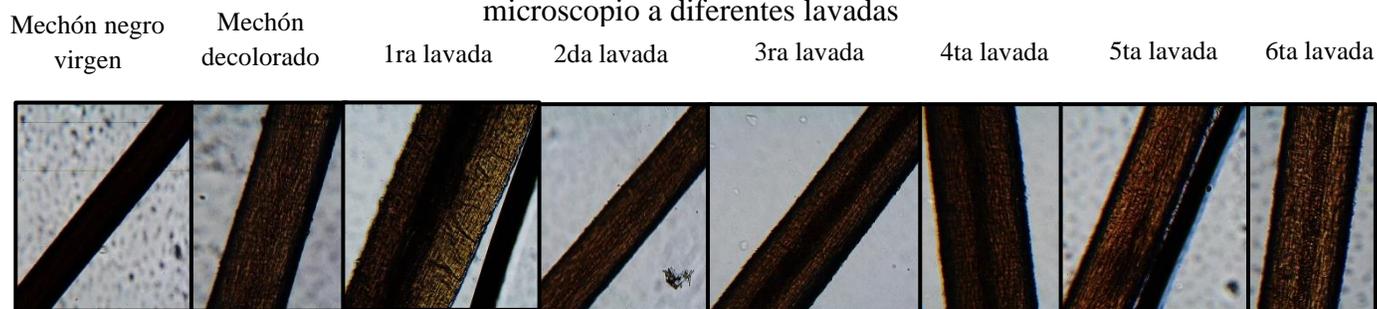
**Fig. 58.** Color detectado en mechones negros decolorados teñidos en medio neutro (tinte A) luego de cada lavada



**Fig. 59.** Mechones negros decolorados teñidos en medio básico (Tinte B) sometidos a 6 repeticiones de lavadas



**Fig. 60.** Mechones negros decolorados teñidos en medio básico (tinte B) visualizados en microscopio a diferentes lavadas



**Fig. 61.** Color detectado en mechones negros decolorados teñidos en medio básico (tinte B) luego de cada lavada

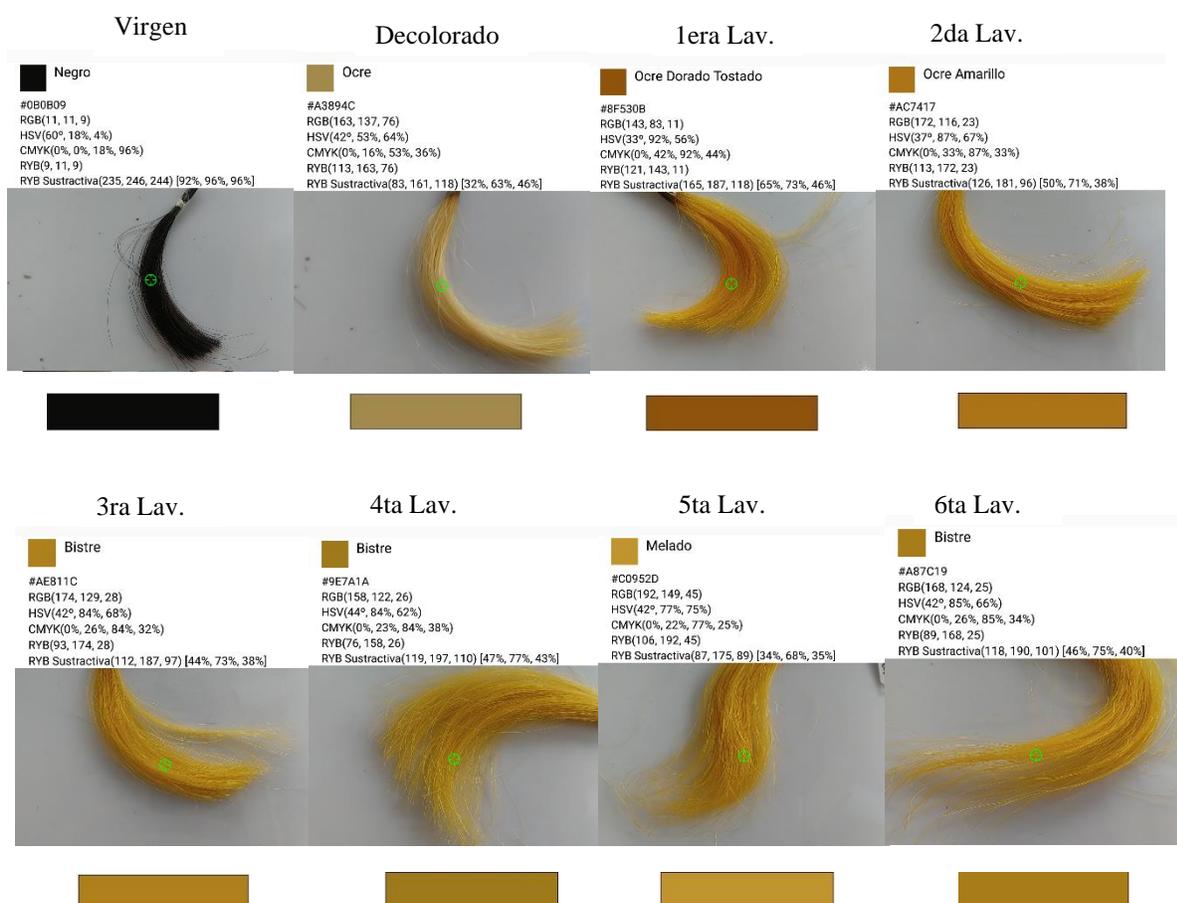
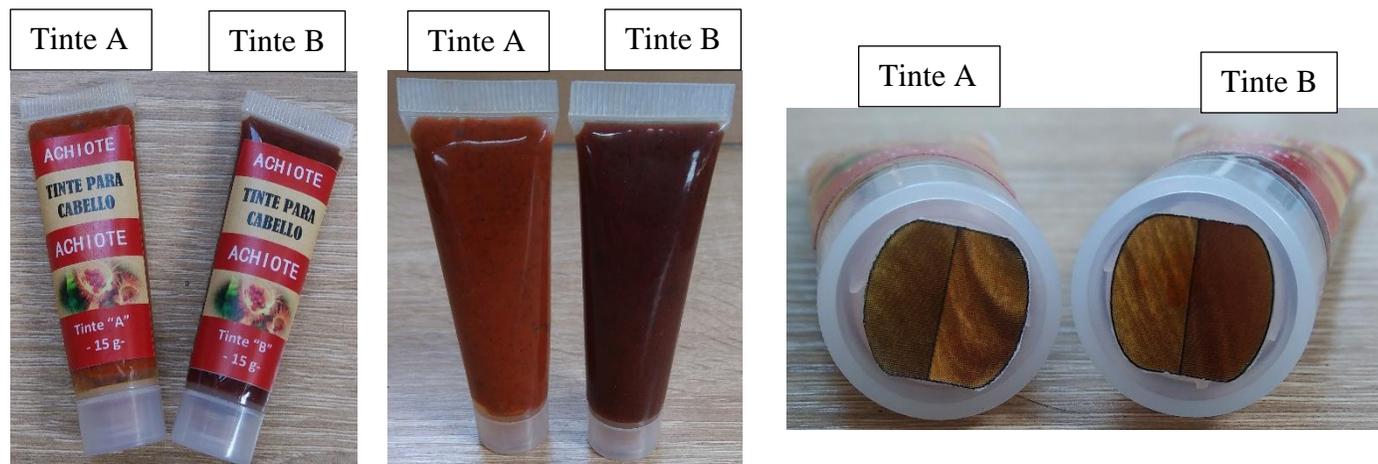


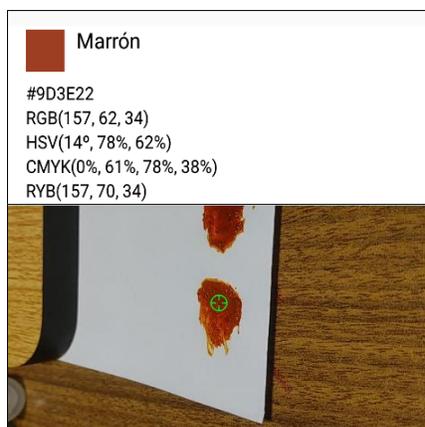
Fig. 62. Presentación del producto final de los tintes elaborados



**Fig.63.** Presentación de los tintes como producto final



Tinte A (pH neutro)



Tinte B (pH básico)

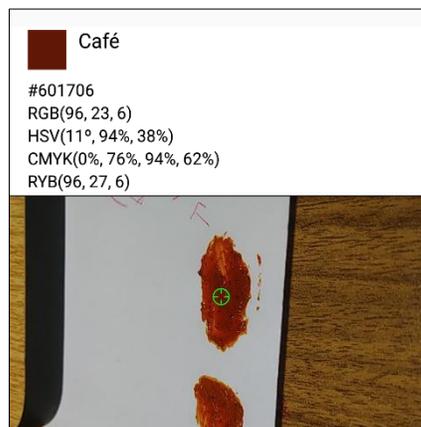
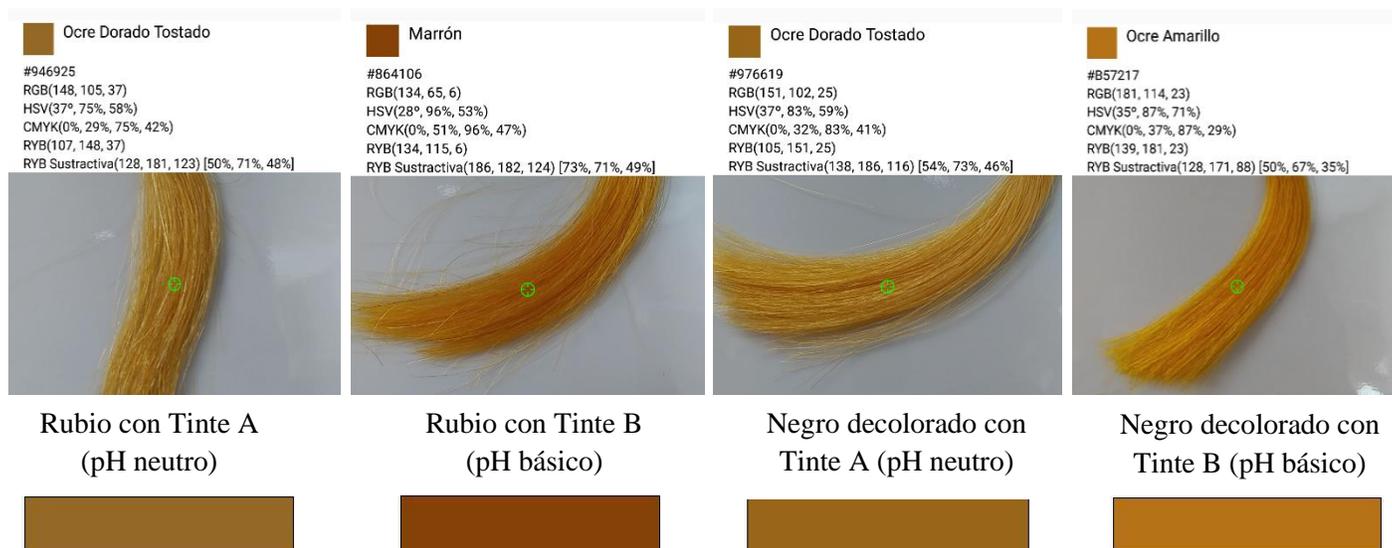


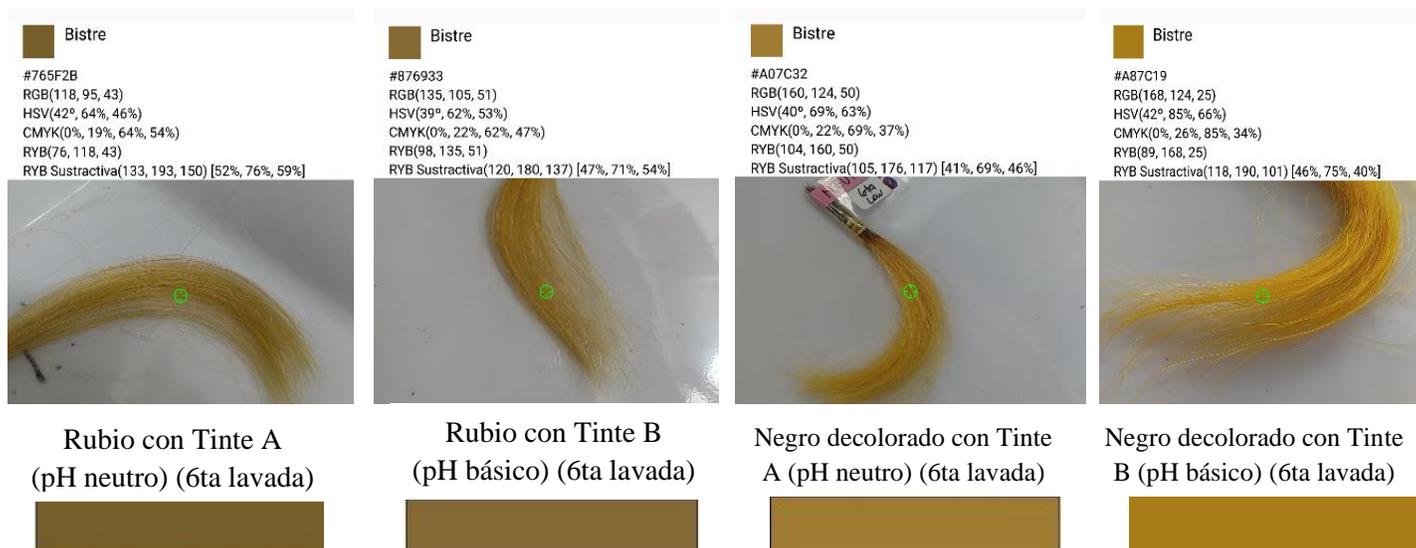
Fig. 64. Información y modo de aplicación del tinte A y B

<b>TINTE PARA CABELLO</b>
<b>A BASE DE ACHIOTE</b>
El Tinte para cabello está hecho a base de achiote, lo que lo hace un producto natural, cuidando su cabello y aportando el color que desea con una apariencia saludable.
<b>MODO DE APLICACIÓN</b>
<p>Para cabellos de tono <b>claro</b>, debe aplicarse directamente al cabello, asegurándose de la distribución uniforme del tinte. Debe esperar 1 hr luego de la aplicación con el <b>Tinte A</b> y 30 min con el <b>Tinte B</b>. Pasado el tiempo respectivo, enjuague su cabello con abundante agua y shampoo. Si desea utilice su acondicionador para mayor suavidad y nutrición a su cabello.</p> <p>Para cabellos de tono <b>oscuro</b>, debe pasar por el proceso de decoloración de su cabello previo a la aplicación del tinte (se recomienda 45 min para lograr una decoloración adecuada). Posteriormente, enjuáguelo con abundante shampoo y agua. Aplique acondicionador a su cabello para nutrir y aportar suavidad. Enjuague nuevamente con agua y seque su cabello. Ahora puede aplicar directamente el tinte a su cabello, asegurándose una distribución uniforme. Debe esperar 1 hr 30 min con el <b>Tinte A</b> luego de la aplicación y 1 hr con el <b>Tinte B</b>.</p>
<b>PRECAUCIÓN</b>
<p>Puede ocasionar reacciones alérgicas o causar irritación en algunas personas. Debe realizar una prueba preliminar en la piel (antebrazo o atrás de la oreja) por 48 hrs antes de la aplicación del tinte.</p> <p>No utilice este producto si tiene alguna herida o erupción cutánea, cuero cabelludo sensible o irritado. Evite el contacto del producto en ojos, nariz</p>
<b>Ingredientes</b>
Carbopol, Polvo de Achiote, Betaína de coco, Aceite de Ricino, Aceite de Jojoba, Benzoato de sodio, Trietanolamina, Fragancia.


**Fig. 65.** Color detectado inicial de los mechones rubios y negros teñidos (sin repetición de lavadas)



**Fig. 66** Color final detectado de mechones rubios y negros posterior a la repetición de lavadas



**Tabla No. 19:** Detección de color final en mechones rubios y negros teñidos con tinte A y B sin repeticiones de lavadas

	Color detectado	
	pH neutro (tinte A)	pH básico (tinte B)
<b>Mechón rubio teñido</b>	<b>Ocre Dorado Tostado</b> <b>#946925</b> RGB (148, 105, 37) HSV (37°, 75%, 58%) CMYK (0%, 29%, 75%, 42%) RYB (107, 148, 37) RYB Substractiva (128, 181, 123) [50%, 71%, 48%]	<b>Marrón</b> <b>#864106</b> RGB (134, 65, 6) HSV (28°, 96%, 53%) CMYK (0%, 51%, 96%, 47%) RYB (134, 115, 6) RYB Substractiva (186, 182, 124) [73%, 71%, 49%]
<b>Mechón negro decolorado y teñido</b>	<b>Ocre Dorado Tostado</b> <b>#976619</b> RGB (151, 102, 25) HSV (37°, 83%, 59%) CMYK (0%, 32%, 83%, 41%) RYB (105, 151, 25) RYB Substractiva (138, 186, 116) [54%, 73%, 46%]	<b>Ocre Amarillo</b> <b>#B57217</b> RGB (181, 114, 23) HSV (35°, 87%, 71%) CMYK (0%, 37%, 87%, 29%) RYB (139, 181, 23) RYB Substractiva (128, 171, 88) [50%, 67%, 35%]

**Tabla No. 20:** Detección de color en mechones rubios y negros en cada lavada

Mechones rubios		
	Color detectado	
	pH neutro (tinte A)	pH básico (tinte B)
<b>Mechón virgen (sin tinte y sin lavada)</b>	<b>Bistre</b> <b>#91845A</b> RGB (145, 132, 90) HSV (46°, 38%, 57%) CMYK (0%, 9%, 38%, 43%) RYB (107, 145, 90) RYB Substractiva (80, 157, 129) [31%, 61%, 51%]	<b>Bistre</b> <b>#91845A</b> RGB (145, 132, 90) HSV (46°, 38%, 57%) CMYK (0%, 9%, 38%, 43%) RYB (107, 145, 90) RYB Substractiva (80, 157, 129) [31%, 61%, 51%]
Cantidad de Lavadas luego de la tinción		
<b>1era</b>	<b>Marrón</b> <b>#824B08</b> RGB (130, 75, 8) HSV (33°, 94%, 51%)	<b>Marrón</b> <b>#854B0B</b> RGB (133, 75, 11) HSV (31°, 92%, 52%)

	<p>CMYK (0%, 42%, 94%, 49%)  R Y B (108, 130, 8)  R Y B Substractiva (174, 194, 129)  [68%, 76%, 51%]</p>	<p>CMYK (0%, 44%, 92%, 48%)  R Y B (122, 133, 11)  R Y B Substractiva (172, 189, 127)  [68%, 74%, 50%]</p>
<b>2da</b>	<p><b>Ocre Dorado Tostado</b>  <b># 84580D</b>  R G B (132, 88, 13)  H S V (38°, 90%, 52%)  C M Y K (0%, 33%, 90%, 48%)  R Y B (83, 132, 13)  R Y B Substractiva (158, 200, 129)  [62%, 79%, 51%]</p>	<p><b>Ocre Dorado Tostado</b>  <b>#7B4C06</b>  R G B (123, 76, 6)  H S V (36°, 95%, 48%)  C M Y K (0%, 38%, 95%, 52%)  R Y B (85, 123, 6)  R Y B Substractiva (175, 203, 135)  [69%, 80%, 53%]</p>
<b>3era</b>	<p><b>Bistre</b>  <b>#977420</b>  R G B (151, 116, 32)  H S V (42°, 79%, 59%)  C M Y K (0%, 23%, 79%, 41%)  R Y B (82, 151, 32)  R Y B Substractiva (122, 192, 119)  [48%, 75%, 47%]</p>	<p><b>Bistre</b>  <b>#987028</b>  R G B (152, 112, 40)  H S V (39°, 74%, 60%)  C M Y K (0%, 26%, 74%, 40%)  R Y B (102, 152, 40)  R Y B Substractiva (121, 181, 121)  [47%, 71%, 47%]</p>
<b>4ta</b>	<p><b>Bistre</b>  <b>#806629</b>  R G B (128, 102, 41)  H S V (42°, 68%, 50%)  C M Y K (0%, 20%, 68%, 50%)  R Y B (78, 128, 41)  R Y B Substractiva (128, 192, 141)  [50%, 75%, 55%]</p>	<p><b>Bistre</b>  <b>#8D7132</b>  R G B (141, 113, 50)  H S V (42°, 65%, 55%)  C M Y K (0%, 20%, 65%, 45%)  R Y B (90, 141, 50)  R Y B Substractiva (114, 182, 132)  [45%, 72%, 52%]</p>
<b>5ta</b>	<p><b>Bistre</b>  <b>#7B622A</b>  R G B (123, 98, 42)  H S V (41°, 66%, 48%)  C M Y K (0%, 20%, 66%, 52%)  R Y B (78, 123, 42)  R Y B Substractiva (131, 192, 145)  [51%, 75%, 57%]</p>	<p><b>Bistre</b>  <b>#8D6E35</b>  R G B (141, 110, 53)  H S V (39°, 62%, 55%)  C M Y K (0%, 22%, 62%, 45%)  R Y B (101, 141, 53)  R Y B Substractiva (115, 177, 132)  [45%, 70%, 52%]</p>
<b>6ta</b>	<p><b>Bistre</b>  <b>#765F2B</b>  R G B (118, 95, 43)  H S V (42°, 64%, 46%)  C M Y K (0%, 19%, 64%, 54%)  R Y B (76, 118, 43)  R Y B Substractiva (133, 193, 150)  [52%, 76%, 59%]</p>	<p><b>Bistre</b>  <b>#876933</b>  R G B (135, 105, 51)  H S V (39°, 62%, 53%)  C M Y K (0%, 22%, 62%, 47%)  R Y B (98, 135, 51)  R Y B Substractiva (120, 180, 137)  [47%, 71%, 54%]</p>

<b>Mechones negros</b>		
<b>Virgen (sin tinte y sin decolorar)</b>	<b>Negro</b> <b>#0B0B09</b> RGB (11, 11, 9) HSV (60°, 18%, 4%) CMYK (0%, 0%, 18%, 96%) RYB (9, 11, 9) RYB Substractiva (235, 246, 244) [92%, 96%, 96%]	<b>Negro</b> <b>#0B0B09</b> RGB (11, 11, 9) HSV (60°, 18%, 4%) CMYK (0%, 0%, 18%, 96%) RYB (9, 11, 9) RYB Substractiva (235, 246, 244) [92%, 96%, 96%]
<b>Con decoloración</b>	<b>Ocre</b> <b>#A3894C</b> RGB (163, 137, 76) HSV (42°, 53%, 64%) CMYK (0%, 16%, 53%, 36%) RYB (113, 163, 76) RYB Substractiva (83, 161, 118) [32%, 63%, 46%]	<b>Ocre</b> <b>#A3894C</b> RGB (163, 137, 76) HSV (42°, 53%, 64%) CMYK (0%, 16%, 53%, 36%) RYB (113, 163, 76) RYB Substractiva (83, 161, 118) [32%, 63%, 46%]
<b>Cantidad de Lavadas luego de la tinción</b>		
<b>1era lavada</b>	<b>Marrón</b> <b>#894403</b> RGB (137, 68, 3) HSV (29°, 98%, 54%) CMYK (0%, 50%, 98%, 46%) RYB (137, 129, 3) RYB Substractiva (185, 184, 120) [72%, 72%, 47%]	<b>Ocre Dorado Tostado</b> <b>#8F530B</b> RGB (143, 83, 11) HSV (33°, 92%, 56%) CMYK (0%, 42%, 92%, 44%) RYB (121, 143, 11) RYB Substractiva (165, 187, 118) [65%, 73%, 46%]
<b>2da</b>	<b>Ocre Dorado Tostado</b> <b>#97691C</b> RGB (151, 105, 28) HSV (38°, 81%, 59%) CMYK (0%, 30%, 81%, 41%) RYB (101, 151, 28) RYB Substractiva (134, 186, 118) [52%, 73%, 46%]	<b>Ocre Amarillo</b> <b>#AC7417</b> RGB (172, 116, 23) HSV (37°, 87%, 67%) CMYK (0%, 33%, 87%, 33%) RYB (113, 172, 23) RYB Substractiva (126, 181, 96) [50%, 71%, 38%]
<b>3era</b>	<b>Ocre Dorado Tostado</b> <b>#916420</b> RGB (145, 100, 32) HSV (36°, 78%, 57%) CMYK (0%, 31%, 78%, 43%) RYB (107, 145, 32) RYB Substractiva (136, 184, 124) [53%, 72%, 49%]	<b>Bistre</b> <b>#AE811C</b> RGB (174, 129, 28) HSV (42°, 84%, 68%) CMYK (0%, 26%, 84%, 32%) RYB (93, 174, 28) RYB Substractiva (112, 187, 97) [44%, 73%, 38%]

<b>4ta</b>	<p><b>Bistre</b>  <b>#9D7722</b>            RGB (157, 119, 34)            HSV (41°, 78%, 62%)            CMYK (0%, 24%, 78%, 38%)            RYB (89, 157, 34)            RYB Substractiva (118, 188, 114)            [46%, 74%, 45%]</p>	<p><b>Bistre</b>  <b>#9E7A1A</b>            RGB (158, 122, 26)            HSV (44°, 84%, 62%)            CMYK (0%, 23%, 84%, 38%)            RYB (76, 158, 26)            RYB Substractiva (119, 197, 110)            [47%, 77%, 43%]</p>
<b>5ta</b>	<p><b>Bistre</b>  <b>#8C681C</b>            RGB (140, 104, 28)            HSV (41°, 80%, 55%)            CMYK (0%, 26%, 80%, 45%)            RYB (81, 140, 28)            RYB Substractiva (134, 195, 127)            [53%, 76%, 50%]</p>	<p><b>Melado</b>  <b>#C0952D</b>            RGB (192, 149, 45)            HSV (42°, 77%, 75%)            CMYK (0%, 22%, 77%, 25%)            RYB (106, 192, 45)            RYB Substractiva (87, 175, 89)            [34%, 68%, 35%]</p>
<b>6ta</b>	<p><b>Bistre</b>  <b># A07C32</b>            RGB (160, 124, 50)            HSV (40°, 69%, 63%)            CMYK (0%, 22%, 69%, 37%)            RYB (104, 160, 50)            RYB Substractiva (105, 176, 117)            [41%, 69%, 46%]</p>	<p><b>Bistre</b>  <b>#A87C19</b>            RGB (168, 124, 25)            HSV (42°, 85%, 66%)            CMYK (0%, 26%, 85%, 34%)            RYB (89, 168, 25)            RYB Substractiva (118, 190, 101)            [46%, 75%, 40%]</p>

**Tabla No. 21** Resultados de los cuestionarios elaborados para evaluar las características y la aceptabilidad del Tinte A para cabello claro en sujetos masculinos

Evaluación de características del Tinte A para cabello claro en sujetos masculinos												
Sujeto	Edad	Características en los mechones teñidos				Características del Tinte Envasado						Sumatoria de la calificación
		Color	Textura	Brillo	Olor	Color Env.	Olor Env.	Text. Env.	Perc. Env.	Perc. Etiq.	Comp. Info.	
1	21	8	10	8	10	10	10	8	10	6	7	87
2	22	9	10	10	10	9	10	9	10	9	9	95
3	22	9	8	6	7	8	9	6	9	10	9	81
4	23	7	9	10	9	8	10	9	10	10	10	92
5	18	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	100
6	24	8	10	10	10	10	10	9	10	9	10	96
7	35	6	9	10	8	8	5	2	3	5	5	61
8	57	8	8	6	5	8	9	8	3	8	7	70
9	25	5	7	10	4	2	8	7	4	6	8	61
10	79	9	10	10	9	9	10	9	1	9	9	85

**Fuente:** Datos experimentales

\*Color Env= color del tinte envasado, Olor Env. = olor del tinte envasado, Text. Env. = textura del tinte envasado, Perc. Env. = percepción del envase, Perc. Etiq. = percepción de la etiqueta, Comp. Info. = comprensión de la información de la etiqueta. El puntaje de evaluación de cada característica fue entre un rango de 1-10.

**Tabla No. 22** Resultados de los cuestionarios elaborados para evaluar las características y la aceptabilidad del Tinte B para cabello claro en sujetos masculinos

Evaluación de características del Tinte B para cabello claro en sujetos masculinos												
Sujeto	Edad	Características en los mechones teñidos				Características del Tinte Envasado						Sumatoria de la calificación
		Color	Textura	Brillo	Olor	Color Env.	Olor Env.	Text. Env	Perc. Env	Perc. Etiq.	Comp. Info.	
<b>1</b>	21	3	7	5	10	10	5	9	10	6	7	72
<b>2</b>	22	10	10	9	10	10	9	9	10	9	9	95
<b>3</b>	22	9	10	10	9	8	7	7	9	10	9	88
<b>4</b>	23	4	9	8	9	9	8	9	10	10	10	86
<b>5</b>	18	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	100
<b>6</b>	24	8	10	9	10	10	10	10	10	10	10	97
<b>7</b>	35	1	7	4	8	3	1	4	3	3	5	39
<b>8</b>	57	1	7	4	6	8	3	2	3	8	7	49
<b>9</b>	25	1	9	9	6	6	1	3	4	6	8	53
<b>10</b>	79	5	9	9	8	6	8	8	1	7	10	71

**Fuente:** Datos experimentales

\*Color Env= color del tinte envasado, Olor Env. = olor del tinte envasado, Text. Env. = textura del tinte envasado, Perc. Env. = percepción del envase, Perc. Etiq. = percepción de la etiqueta, Comp. Info. = comprensión de la información de la etiqueta. El puntaje de evaluación de cada característica fue entre un rango de 1-10.

**Tabla No. 23** Resultados de los cuestionarios elaborados para evaluar las características y la aceptabilidad del Tinte A para cabello claro en sujetos femeninos

Evaluación de características del Tinte A para cabello claro en sujetos femeninos												
Sujeto	Edad	Características en los mechones teñidos				Características del Tinte Envasado						Sumatoria de la calificación
		Color	Textura	Brillo	Olor	Color Env.	Olor Env.	Text. Env.	Perc. Env.	Perc. Etiq.	Comp. Info.	
1	25	9	10	10	10	7	10	10	10	10	10	96
2	18	8	10	10	8	9	10	10	10	10	10	95
3	20	9	10	10	9	9	10	9	10	9	9	94
4	25	8	10	7	10	10	10	8	10	8	10	91
5	19	7	8	8	10	7	7	8	9	9	10	83
6	21	8	10	7	10	8	10	10	10	7	9	89
7	22	10	8	10	9	10	10	9	10	10	10	96
8	24	9	9	7	9	7	7	9	9	9	8	83
9	50	7	7	5	1	1	10	5	3	1	10	50
10	73	9	10	9	9	9	10	9	10	9	10	94

**Fuente:** Datos experimentales

\*Color Env= color del tinte envasado, Olor Env. = olor del tinte envasado, Text. Env. = textura del tinte envasado, Perc. Env. = percepción del envase, Perc. Etiq. = percepción de la etiqueta, Comp. Info. = comprensión de la información de la etiqueta. El puntaje de evaluación de cada característica fue entre un rango de 1-10.

**Tabla No. 24** Resultados de los cuestionarios elaborados para evaluar las características y la aceptabilidad del Tinte B para cabello claro en sujetos femeninos

Evaluación de características del Tinte B para cabello claro en sujetos femeninos												
Sujeto	Edad	Características en los mechones teñidos				Características del Tinte Envasado						Sumatoria de la calificación
		Color	Textura	Brillo	Olor	Color Env.	Olor Env.	Text. Env.	Perc. Env.	Perc. Etiq.	Comp. Info.	
1	25	7	10	10	10	8	10	10	10	10	10	95
2	18	8	10	9	9	9	8	8	10	10	9	90
3	20	8	10	10	10	9	8	9	10	10	10	94
4	25	6	10	8	10	10	7	7	10	10	10	88
5	19	6	7	7	9	7	5	6	9	9	10	75
6	21	7	10	10	8	7	6	9	10	7	9	83
7	22	8	10	10	10	10	8	10	10	10	10	96
8	24	8	10	10	9	9	8	8	9	9	8	88
9	50	1	10	8	1	1	1	10	3	1	10	46
10	73	5	9	9	8	6	8	8	8	7	10	78

**Fuente:** Datos experimentales

\*Color Env= color del tinte envasado, Olor Env. = olor del tinte envasado, Text. Env. = textura del tinte envasado, Perc. Env. = percepción del envase, Perc. Etiq. = percepción de la etiqueta, Comp. Info. = comprensión de la información de la etiqueta. El puntaje de evaluación de cada característica fue entre un rango de 1-10.

**Tabla No. 25.** Resultados de los cuestionarios elaborados para evaluar las características y la aceptabilidad del Tinte A para cabello oscuro en sujetos masculinos

Evaluación de características del Tinte A para cabello oscuro en sujetos masculinos													
Sujeto	Edad	Características en los mechones teñidos					Características del Tinte Envasado						Sumatoria de la calificación
		Color	Textura	Brillo	Olor	Disp. Decol.	Color Env.	Olor Env.	Text. Env.	Perc. Env.	Perc. Etiq.	Comp. Info.	
<b>1</b>	22	7	9	9	9	3	10	10	8	9	9	8	83
<b>2</b>	23	8	6	8	6	5	10	10	10	10	5	8	78
<b>3</b>	22	10	8	10	10	4	9	10	10	10	10	10	92
<b>4</b>	23	7	4	10	10	1	9	10	8	10	10	9	80
<b>5</b>	26	6	6	6	10	1	10	10	8	10	9	10	78
<b>6</b>	26	6	5	8	10	4	5	10	7	9	8	6	71
<b>7</b>	25	4	5	4	6	2	9	10	8	7	6	9	64
<b>8</b>	25	7	10	7	9	10	8	10	8	9	7	8	85
<b>9</b>	21	7	4	4	8	4	5	7	5	7	7	10	62
<b>10</b>	20	8	7	9	10	6	8	9	8	9	9	9	84

**Fuente:** Datos experimentales

\*Disp. Decol. = Disposición de decoloración de cabello, Color Env= color del tinte envasado, Olor Env. = olor del tinte envasado, Text. Env. = textura del tinte envasado, Perc. Env. = percepción del envase, Perc. Etiq. = percepción de la etiqueta, Comp. Info. = comprensión de la información de la etiqueta. El puntaje de evaluación de cada característica fue entre un rango de 1-10.

**Tabla No. 26** Resultados de los cuestionarios elaborados para evaluar las características y la aceptabilidad del Tinte B para cabello oscuro en sujetos masculinos

Evaluación de características del Tinte B para cabello oscuro en sujetos masculinos													
Sujeto	Edad	Características en los mechones teñidos					Características del Tinte Envasado						Sumatoria de la calificación
		Color	Textura	Brillo	Olor	Disp. Decol.	Color Env.	Olor Env.	Text. Env.	Perc. Env.	Perc. Etiq.	Comp. Info.	
<b>1</b>	22	8	8	9	10	3	8	6	8	10	10	8	80
<b>2</b>	23	10	9	9	9	9	9	6	10	10	5	8	85
<b>3</b>	22	8	9	9	10	5	9	10	10	10	10	10	91
<b>4</b>	23	6	6	4	7	1	4	9	9	10	10	10	69
<b>5</b>	26	6	6	7	10	1	10	10	9	10	10	10	81
<b>6</b>	26	5	6	9	8	3	8	7	6	9	8	6	68
<b>7</b>	25	9	7	9	8	5	10	7	9	7	6	9	78
<b>8</b>	25	6	5	5	8	10	7	6	8	8	7	8	71
<b>9</b>	21	2	4	5	3	3	4	3	5	7	6	10	47
<b>10</b>	20	7	8	7	8	6	8	8	8	9	9	9	79

**Fuente:** Datos experimentales

\*Disp. Decol. = Disposición de decoloración de cabello, Color Env= color del tinte envasado, Olor Env. = olor del tinte envasado, Text. Env. = textura del tinte envasado, Perc. Env. = percepción del envase, Perc. Etiq. = percepción de la etiqueta, Comp. Info. = comprensión de la información de la etiqueta. El puntaje de evaluación de cada característica fue entre un rango de 1-10.

**Tabla No. 27** Resultados de los cuestionarios elaborados para evaluar las características y la aceptabilidad del Tinte A para cabello oscuro en sujetos femeninos

Evaluación de características del Tinte A para cabello oscuro en sujetos femeninos													
Sujeto	Edad	Características en los mechones teñidos					Características del Tinte Envasado						Sumatoria de la calificación
		Color	Textura	Brillo	Olor	Disp. Decol.	Color Env.	Olor Env.	Text. Env.	Perc. Env.	Perc. Etq.	Comp. Info.	
1	21	7	10	9	10	7	7	10	9	10	9	10	89
2	23	6	8	8	10	2	7	10	10	9	10	9	81
3	24	10	9	4	10	6	8	10	9	10	10	10	87
4	26	5	9	7	10	1	10	10	10	10	10	10	84
5	47	4	10	5	10	3	10	10	10	10	10	10	84
6	21	9	9	8	9	7	8	10	8	9	10	10	88
7	23	9	10	10	10	9	10	10	10	10	8	10	96
8	25	6	6	5	7	2	8	9	8	9	9	10	72
9	23	4	6	4	9	1	8	8	5	7	8	10	64
10	30	8	6	7	8	5	10	4	8	10	10	10	78

**Fuente:** Datos experimentales

\*Disp. Decol. = Disposición de decoloración de cabello, Color Env= color del tinte envasado, Olor Env. = olor del tinte envasado, Text. Env. = textura del tinte envasado, Perc. Env. = percepción del envase, Perc. Etq. = percepción de la etiqueta, Comp. Info. = comprensión de la información de la etiqueta. El puntaje de evaluación de cada característica fue entre un rango de 1-10.

**Tabla No. 28** Resultados de los cuestionarios elaborados para evaluar las características y la aceptabilidad del Tinte B para cabello oscuro en sujetos femeninos

Evaluación de características del Tinte B para cabello oscuro en sujetos femeninas													
Sujeto	Edad	Características en los mechones teñidos					Características del Tinte Envasado						Sumatoria de la calificación
		Color	Textura	Brillo	Olor	Disp. Decol.	Color Env.	Olor Env.	Text. Env.	Perc. Env.	Perc. Etiq.	Comp. Info.	
<b>1</b>	21	10	9	9	10	9	9	7	7	10	9	10	90
<b>2</b>	23	10	10	10	10	7	10	8	9	10	10	9	94
<b>3</b>	24	7	8	10	6	2	10	6	8	10	10	10	79
<b>4</b>	26	4	10	10	10	1	8	8	8	10	10	10	81
<b>5</b>	47	3	10	8	5	2	10	6	7	10	10	10	74
<b>6</b>	21	9	7	7	9	8	9	10	8	9	10	10	87
<b>7</b>	23	9	7	7	9	9	10	6	9	9	6	10	83
<b>8</b>	25	8	9	9	8	2	9	4	6	8	9	10	75
<b>9</b>	23	3	5	6	8	1	7	4	6	7	8	10	59
<b>10</b>	30	9	7	8	8	5	9	5	8	10	10	10	81

**Fuente:** Datos experimentales

\*Disp. Decol. = Disposición de decoloración de cabello, Color Env= color del tinte envasado, Olor Env. = olor del tinte envasado, Text. Env. = textura del tinte envasado, Perc. Env. = percepción del envase, Perc. Etiq. = percepción de la etiqueta, Comp. Info. = comprensión de la información de la etiqueta. El puntaje de evaluación de cada característica fue entre un rango de 1-10.

Fig. 67

*Mechón de cabello claro*

**Cuestionario para evaluar características del Tinte para cabello elaborado con polvo de achiote (*Bixa orellana* L.)**

(Tesis Luisa Liu)

Edad: \_\_\_\_\_ Masculino  Femenino

### Introducción

Este cuestionario tiene como objetivo conocer el grado de aceptación o conformidad de los Tintes para cabello elaborados con polvo de achiote, evaluando dos tintes diferentes.

Según el grado de su percepción u opinión, marque con una "X" el valor que considere apropiado, ya sea de aprobación total o desaprobación total, en cada una de las características evaluadas entre valores de 1 a 10.

## Tinte para cabello "A"

1. La percepción que tiene sobre el color que deja el tinte en el mechón de cabello es:

Desagradable	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Agradable
--------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	-----------

2. Su percepción acerca de la textura del mechón teñido es:

Desagradable	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Agradable
--------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	-----------

3. Su percepción en cuanto al brillo del mechón teñido es:

Desagradable	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Agradable
--------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	-----------

4. La percepción que tiene sobre el olor del mechón teñido es:

Desagradable	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Agradable
--------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	-----------

5. Su percepción en cuanto al color del tinte que se encuentra envasado es:

Desagradable	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Agradable
--------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	-----------

6. Su percepción en cuanto al olor del tinte envasado es:

Desagradable	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Agradable
--------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	-----------

7. Su percepción en cuanto a la textura del tinte envasado es:

Desagradable	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Agradable
--------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	-----------

8. Su percepción en cuanto al envase del tinte es:

Desagradable	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Agradable
--------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	-----------

9. Su percepción en cuanto a la etiqueta del tinte envasado es:

Desagradable	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Agradable
--------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	-----------

10. ¿Cuál es el grado de comprensión en cuanto a la información que brinda la etiqueta posterior del envase? (como el modo de aplicación, los ingredientes y otra información relevante).

Incomprensible	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Comprensible
----------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	--------------

## Tinte para cabello "B"

1. La percepción que tiene sobre el color que deja el tinte en el mechón de cabello es:

Desagradable	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Agradable
--------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	-----------

2. Su percepción acerca de la textura del mechón teñido es:

Desagradable	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Agradable
--------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	-----------

3. Su percepción en cuanto al brillo del mechón teñido es:

Desagradable	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Agradable
--------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	-----------

4. La percepción que tiene sobre el olor del mechón teñido es:

Desagradable	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Agradable
--------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	-----------

5. Su percepción en cuanto al color del tinte que se encuentra envasado es:

Desagradable	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Agradable
--------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	-----------

6. Su percepción en cuanto al olor del tinte envasado es:

Desagradable	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Agradable
--------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	-----------

7. Su percepción en cuanto a la textura del tinte envasado es:

Desagradable	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Agradable
--------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	-----------

8. Su percepción en cuanto al envase del tinte es:

Desagradable	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Agradable
--------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	-----------

9. Su percepción en cuanto a la etiqueta del tinte envasado es:

Desagradable	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Agradable
--------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	-----------

10. ¿Cuál es el grado de comprensión en cuanto a la información que brinda la etiqueta posterior del envase? (como el modo de aplicación, los ingredientes y otra información relevante).

Incomprensible	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Comprensible
----------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	--------------

## Preferencia de los Tintes para cabello

1. En base la percepción obtenida de ambos tintes evaluados en las preguntas anteriores, para usted, ¿qué tinte para cabello le gusta más?

Primer Tinte  
(Tinte A)

Segundo Tinte  
(Tinte B)

*Mechón de cabello oscuro***Cuestionario para evaluar características del Tinte para cabello elaborado con polvo de achiote (*Bixa orellana* L.)**

(Tesis Luisa Liu)

Edad: \_\_\_\_\_

Masculino Femenino **Introducción**

Este cuestionario tiene como objetivo conocer el grado de aceptación o conformidad de los Tintes para cabello elaborados con polvo de achiote, evaluando dos tintes diferentes.

Según el grado de su percepción u opinión, marque con una “X” el valor que considere apropiado, ya sea de aprobación total o desaprobación total, en cada una de las características evaluadas entre valores de 1 a 10.

**Tinte para cabello “A”**

1. La percepción que tiene sobre el color que deja el tinte en el mechón de cabello es:

Desagradable	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Agradable
--------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	-----------

2. Su percepción acerca de la textura del mechón teñido es:

Desagradable	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Agradable
--------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	-----------

3. Su percepción en cuanto al brillo del mechón teñido es:

Desagradable	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Agradable
--------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	-----------

4. La percepción que tiene sobre el olor del mechón teñido es:

Desagradable	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Agradable
--------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	-----------

5. ¿Cuál es su percepción o su disposición de pasar por un proceso de decoloración del cabello para tener el color del mechón teñido mostrado?

En	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	De acuerdo
----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	------------

6. Su percepción en cuanto al color del tinte que se encuentra envasado es:

Desagradable	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Agradable
--------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	-----------

7. Su percepción en cuanto al olor del tinte envasado es:

Desagradable	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Agradable
--------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	-----------

8. Su percepción en cuanto a la textura del tinte envasado es:

Desagradable	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Agradable
--------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	-----------

9. Su percepción en cuanto al envase del tinte es:

Desagradable	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Agradable
--------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	-----------

10. Su percepción en cuanto a la etiqueta del tinte envasado es:

Desagradable	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Agradable
--------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	-----------

11. ¿Cuál es el grado de comprensión en cuanto a la información que brinda la etiqueta posterior del envase? (como el modo de aplicación, los ingredientes y otra información relevante).

Incomprensible	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Comprensible
----------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	--------------

## Tinte para cabello “B”

1. La percepción que tiene sobre el color que deja el tinte en el mechón de cabello es:

Desagradable	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Agradable
--------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	-----------

2. Su percepción acerca de la textura del mechón teñido es:

Desagradable	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Agradable
--------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	-----------

3. Su percepción en cuanto al brillo del mechón teñido es:

Desagradable	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Agradable
--------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	-----------

4. La percepción que tiene sobre el olor del mechón teñido es:

Desagradable	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Agradable
--------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	-----------

5. ¿Cuál es su percepción o su disposición de pasar por un proceso de decoloración del cabello para tener el color del mechón teñido mostrado?

En	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	De acuerdo
----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	------------

6. Su percepción en cuanto al color del tinte que se encuentra envasado es:

Desagradable	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Agradable
--------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	-----------

7. Su percepción en cuanto al olor del tinte envasado es:

Desagradable	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Agradable
--------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	-----------

8. Su percepción en cuanto a la textura del tinte envasado es:

Desagradable	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Agradable
--------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	-----------

9. Su percepción en cuanto al envase del tinte es:

Desagradable	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Agradable
--------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	-----------

10. Su percepción en cuanto a la etiqueta del tinte envasado es:

Desagradable	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Agradable
--------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	-----------

11. ¿Cuál es el grado de comprensión en cuanto a la información que brinda la etiqueta posterior del envase? (como el modo de aplicación, los ingredientes y otra información relevante).

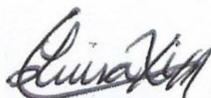
Incomprensible	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Comprensible
----------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	--------------

## Preferencia de los Tintes para cabello

1. En base la percepción obtenida de ambos tintes evaluados en las preguntas anteriores, para usted, ¿qué tinte para cabello le gusta más?

Primer Tinte  
(Tinte A)

Segundo Tinte  
(Tinte B)



---

Luisa Cristina Liu  
Autora



---

Licenciado Julio Gerardo Chinchilla Vettorazzi  
Asesor



---

Licenciada María Nereida Marroquín Tintí  
Revisora



---

Licenciada Lucrecia de Haase  
Directora de Escuela



---

Licenciado Pablo Ernesto Oliva Soto  
Decano