



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Química

**DESARROLLO DE LA FÓRMULA CUALITATIVA Y CUANTITATIVA DE UN TRATAMIENTO  
CAPILAR EN 3 ETAPAS, CON EFECTO DE ALISADO PERMANENTE A BASE DE SULFITO  
DE SODIO, AMINOÁCIDOS DE TRIGO, QUERATINA HIDROLIZADA Y UREA**

**Luisa Fernanda Ovando López**

Asesorado por el Ing. Erick Martin Cambranes Morales

Guatemala, agosto de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DESARROLLO DE LA FÓRMULA CUALITATIVA Y CUANTITATIVA DE UN TRATAMIENTO  
CAPILAR EN 3 ETAPAS, CON EFECTO DE ALISADO PERMANENTE A BASE DE SULFITO  
DE SODIO, AMINOÁCIDOS DE TRIGO, QUERATINA HIDROLIZADA Y UREA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**LUISA FERNANDA OVANDO LÓPEZ**

ASESORADO POR EL ING. ERICK MARTIN CAMBRANES MORALES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERA QUÍMICA**

GUATEMALA, AGOSTO DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Raúl Eduardo Ticún Córdova
VOCAL V	Br. Henry Fernando Duarte García
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. William Eduardo Fagiani Cruz
EXAMINADORA	Inga. Cinthya Patricia Ortiz Quiroa
EXAMINADOR	Ing. Otto Raúl de León de Paz
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DESARROLLO DE LA FÓRMULA CUALITATIVA Y CUANTITATIVA DE UN TRATAMIENTO CAPILAR EN 3 ETAPAS, CON EFECTO DE ALISADO PERMANENTE A BASE DE SULFITO DE SODIO, AMINOÁCIDOS DE TRIGO, QUERATINA HIDROLIZADA Y UREA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha 12 de agosto de 2015.

**Luisa Fernanda Ovando López**

Guatemala 13 de junio, 2016

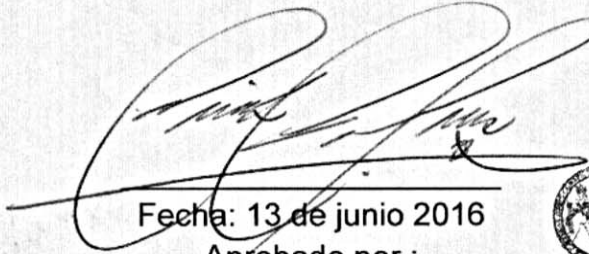
Dirigido a:

Director de Escuela de Química  
Facultad de Ingeniería.  
Ing. Qco. Carlos Salvador Wong Davi

Estimado Director,

Por medio de la presente carta hago constar que es de mi conocimiento el proyecto de Investigación titulado **“Desarrollo de la fórmula cualitativa y cuantitativa de un tratamiento capilar en 3 etapas, con efecto de alisado permanente a base de sulfito de sodio, aminoácidos de trigo, queratina hidrolizada y urea”**, de la Srita. Luisa Fernanda Ovando López identificada con DPI: 2117479470101 carnet: **201020336**, proyecto que ha sido completado bajo mi asesoría, por lo que respaldo el desarrollo y el informe final de su Trabajo de Graduación, ya que se le dió el seguimiento responsable durante cada una las etapas que conllevó.

Saludos Cordiales,



Fecha: 13 de junio 2016

Aprobado por :

Ing. Qco. Erick Martín Cambranes Morales  
Gerente de Manufactura & Distribución



Erick Martín Cambranes Morales  
Ingeniero Químico  
Colegiado Número 1626



Guatemala, 27 de julio de 2016.  
Ref. EIQ.TG-IF.036.2016.

Ingeniero  
Carlos Salvador Wong Davi  
DIRECTOR  
Escuela de Ingeniería Química  
Facultad de Ingeniería

Estimado Ingeniero Wong:

Como consta en el registro de evaluación del informe final EIQ-PRO-REG-007 correlativo **059-2015** le informo que reunidos los Miembros de la Terna nombrada por la Escuela de Ingeniería Química, se practicó la revisión del:

**INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADUACIÓN**

Solicitado por la estudiante universitaria: **Luisa Fernanda Ovando López**.  
Identificada con número de carné: **2010-20336**.  
Previo a optar al título de **INGENIERA QUÍMICA**.

Siguiendo los procedimientos de revisión interna de la Escuela de Ingeniería Química, los Miembros de la Terna han procedido a **APROBARLO** con el siguiente título:

**DESARROLLO DE LA FÓRMULA CUALITATIVA Y CUANTITATIVA DE UN TRATAMIENTO CAPILAR EN 3 ETAPAS, CON EFECTO DE ALISADO PERMANENTE A BASE DE SULFITO DE SODIO, AMINOÁCIDOS DE TRIGO, QUERATINA HIDROLIZADA Y UREA**

El Trabajo de Graduación ha sido asesorado por el Ingeniero Químico: **Erick Martin Cambranes Morales**.

Habiendo encontrado el referido informe final del trabajo de graduación **SATISFACTORIO**, se autoriza al estudiante, proceder con los trámites requeridos de acuerdo a las normas y procedimientos establecidos por la Facultad para su autorización e impresión.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Inga. Hilda Piedad Palma Ramos de Martini  
COORDINADORA DE TERNA  
Tribunal de Revisión  
Trabajo de Graduación



C.c.: archivo

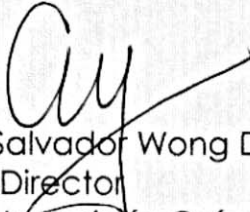




Ref.EIQ.TG.044.2016

El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y de los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química para revisar el Informe del Trabajo de Graduación de la estudiante, **LUISA FERNANDA OVANDO LÓPEZ** titulado: **“DESARROLLO DE LA FÓRMULA CUALITATIVA Y CUANTITATIVA DE UN TRATAMIENTO CAPILAR EN 3 ETAPAS, CON EFECTO DE ALISADO PERMANENTE A BASE DE SULFITO DE SODIO, AMINOÁCIDOS DE TRIGO, QUERATINA HIDROLIZADA Y UREA”**. Procede a la autorización del mismo, ya que reúne el rigor, la secuencia, la pertinencia y la coherencia metodológica requerida.

*“Id y Enseñad a Todos”*

  
Ing. Carlos Salvador Wong Davila  
Director  
Escuela de Ingeniería Química



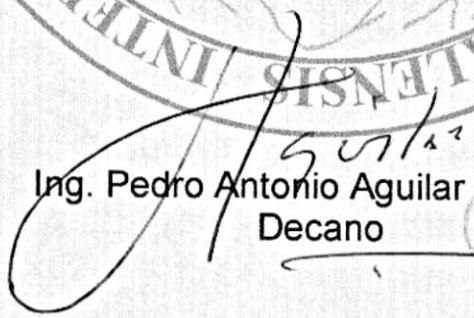
Guatemala, agosto 2016

Cc: Archivo  
CSWD/ale



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al trabajo de graduación titulado: **DESARROLLO DE LA FÓRMULA CUALITATIVA Y CUANTITATIVA DE UN TRATAMIENTO CAPILAR EN 3 ETAPAS, CON EFECTO DE ALISADO PERMANENTE A BASE DE SULFITO DE SODIO, AMINOÁCIDOS DE TRIGO, QUERATINA HIDROLIZADA Y UREA,** presentado por la estudiante universitaria: **Luisa Fernanda Ovando López,** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Decano



Guatemala, agosto de 2016

/cc



## **ACTO QUE DEDICO A:**

### **Dios**

Por haberme permitido llegar hasta este punto y por darme salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad, misericordia y amor.

### **Mi hija**

Daphne Nicolle Lobos Ovando, por ser el motor de mi vida y por soportar las veces que no le dediqué el tiempo que merecía, sin poder entender, a su corta edad, por qué prefería dedicarle tiempo a los estudios y no a jugar a su lado. Por su sonrisa que me llenaba de ánimo y fuerzas cuando quería darme por vencida.

### **Mi madre**

Blanca Estela López Moreira, por la vida y todo lo que con su esfuerzo me ofrece, estar a mi lado en todo momento, haberme educado a mí y a mis hermanos, no abandonarme y ser mi pilar cuando estoy por desplomar.

### **Mi padre**

Luis René Ovando Menéndez (q. e. p. d.), por la vida y por haber elegido a tan preciosa mujer como esposa, mi madre.

**Mis hermanos**

Claudia Mireya y Freddy René Ovando López, por aconsejarme a través de sus aciertos y momentos difíciles.

**Mis abuelos**

José Luis López Monzón y Raquel Edith Moreira García de López, por cuidar de mi princesa mientras me dedicaba a concluir esta meta y por su cariño sin medida.

**Mis amigos**

Walther Antonio de León Gutiérrez y Evelyn Sucely de León Hernández, quienes me apoyaron durante mi formación profesional y por su desinteresada amistad.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

**Universidad San Carlos  
de Guatemala**

Por darme la oportunidad de estudiar en tan prestigiosa casa de estudios superiores.

**Facultad de Ingeniería**

Por ser formadora de nuevos líderes guatemaltecos.

**Mis padres, hermanos  
e hija**

Por su ayuda y amor indiscutible e incomparable.

**Mis abuelos**

José Luis López Monzón y Raquel Edith Moreira García de López, por su cariño.

**Mis amigos de la  
Facultad**

Walther Antonio de León Gutiérrez, Evelyn de León Hernández, Andrea Valenzuela, Iván de León, Reina Castellanos, Ricardo Blanco, Carlos Aldana, Gabriela López, Mónica Cruz y Julio Chávez, por su amistad desinteresada y acompañamiento durante nuestro desarrollo como profesionales.

**Mis amigas del ballet,  
amigos del colegio, de  
la infancia y del trabajo**

Lucía Ruiz, Linda Ochoa, Emily Contreras, José Ramazinni, Sara Linares, Julietha García, Alejandra Antillón, Carolina López, José Escobar, Alexander Chávez, Ilse Fernández, Vikelda Soto, Mario Sarceño, Michele Juárez, Stephany Guerra, Maira Secaida y Oswaldo Samayoa, por su compañía, alegrías compartidas y apoyo en la consecución de esta meta.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	IX
GLOSARIO .....	XI
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN.....	XIX
1. ANTECEDENTES .....	1
2. MARCO TEÓRICO.....	3
2.1. El cabello.....	3
2.1.1. Estructura del cabello .....	3
2.1.2. Cutícula del cabello .....	4
2.1.3. Tallo piloso y raíz pilosa .....	5
2.1.4. Folículo piloso.....	5
2.1.4.1. Vaina interna.....	5
2.1.4.2. Vaina externa.....	6
2.1.4.3. Músculo erector del pelo.....	6
2.1.4.4. Bulbo piloso .....	6
2.1.5. El tallo de la hebra capilar.....	6
2.1.5.1. Cutícula .....	7
2.1.5.2. Córtex o corteza .....	7
2.1.5.3. Médula.....	7
2.2. Propiedades del cabello .....	7
2.2.1. Permeabilidad.....	7

2.2.2.	Resistencia.....	8
2.2.3.	Plasticidad.....	8
2.2.4.	Elasticidad.....	8
2.2.5.	pH.....	9
2.2.6.	Propiedades eléctricas.....	9
2.3.	Composición química del cabello.....	10
2.3.1.	Estructura general de aminoácidos y proteínas.....	10
2.3.2.	Aminoácidos.....	10
2.3.3.	Proteínas.....	12
2.3.4.	Queratina.....	13
2.3.4.1.	Enlaces disulfuro.....	13
2.3.4.2.	Enlaces hidrófobos.....	14
2.3.4.3.	Fuerza intermolecular para formar puentes de hidrógeno.....	14
2.3.4.4.	Fuerza intermolecular para formar puentes eléctricos o enlaces salinos.....	14
2.4.	Ciclo del cabello.....	15
2.4.1.	Fases del ciclo del cabello.....	15
2.4.1.1.	Fase anágena.....	15
2.4.1.2.	Fase catágena.....	15
2.4.1.3.	Fase telógena.....	16
2.5.	Tipos de cabello.....	16
2.5.1.	Lanugo.....	17
2.5.2.	Vello.....	17
2.5.3.	Pelo terminal.....	17
2.6.	Clases de cabello.....	18
2.6.1.	En función de su estructura.....	18
2.6.2.	En función de la emulsión epicutánea.....	18
2.6.3.	En función de su resistencia.....	19

2.7.	Pautas para la clasificación de cabellos .....	19
2.8.	Crecimiento del cabello .....	20
2.9.	Color del cabello.....	21
2.10.	Forma e implantación del cabello .....	22
2.11.	Calidad del cabello .....	23
2.12.	Reparación, protección y alisado del cabello.....	23
2.12.1.	Agentes químicos reductores capilares .....	25
2.12.1.1.	Sulfito de sodio .....	26
2.12.2.	Agentes químicos capilares de efecto hinchante....	29
2.12.3.	Urea.....	30
2.12.4.	Reoxidación o neutralización de fibras capilares ....	32
2.13.	Cosméticos.....	33
2.13.1.	Formas cosméticas.....	35
2.13.2.	Ingredientes cosméticos .....	40
2.14.	Formulaciones cosméticas .....	46
2.15.	Controles básicos en la fabricación de cosméticos .....	47
3.	DISEÑO METODOLÓGICO .....	49
3.1.	Variables.....	49
3.1.1.	Variables independientes .....	49
3.1.2.	Variables dependientes .....	49
3.2.	Definición de variables de investigación .....	50
3.2.1.	Variables independientes .....	50
3.2.2.	Variables dependientes .....	52
3.3.	Delimitación de campo de estudio.....	54
3.4.	Recursos humanos disponibles.....	55
3.5.	Recursos materiales disponibles .....	55
3.5.1.	Equipo .....	55
3.5.2.	Cristalería .....	56

3.5.3.	Materias primas.....	56
3.6.	Técnica cualitativa o cuantitativa.....	58
3.7.	Recolección y ordenamiento de la información.....	59
3.7.1.	Procedimiento, etapa 1: champú y acondicionador reparador con impacto alisante .....	59
3.7.2.	Procedimiento, etapa 2: ungüento protector térmico y solar con SPF 10, efecto liso impactante.....	60
3.7.3.	Procedimiento, etapa 3: <i>spray</i> abrillantador sellador de cutícula .....	61
3.8.	Metodología de recopilación de variables del proceso.....	62
3.8.1.	Diseño experimental.....	62
3.8.2.	Tratamientos y repeticiones .....	63
3.9.	Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información.....	66
3.10.	Plan de análisis de los resultados .....	67
4.	RESULTADOS.....	69
5.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....	87
	CONCLUSIONES.....	95
	RECOMENDACIONES .....	97
	BIBLIOGRAFÍA.....	99
	APÉNDICES.....	101



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Estructura de enlaces disulfuro en cabello liso y ondulado .....	25
2.	Formación de puentes disulfuro a partir de cisteína.....	27
3.	Reacción entre un enlace disulfuro y el ion sulfito .....	28

### TABLAS

I.	Datos y fórmula pilosa .....	16
II.	Tipo de pelo, duración de la fase anágena.....	16
III.	Parámetros visuales de apreciación de la apariencia del cabello de una persona .....	23
IV.	Especificación de límites microbianos (expresados en unidades formadoras de colonias por gramo) .....	35
V.	Especificaciones de microorganismos patógenos para todos los productos cosméticos.....	35
VI.	Escala de HLB relacionado a sus aplicaciones.....	46
VII.	Fórmula cualitativa y cuantitativa de la primera etapa del tratamiento capilar con una dosificación mínima de activos .....	69
VIII.	Fórmula cualitativa y cuantitativa de la primera etapa del tratamiento capilar con una dosificación máxima de activos.....	70
IX.	Fórmula cualitativa y cuantitativa de la segunda etapa del tratamiento capilar con una dosificación mínima de activos.....	70
X.	Fórmula cualitativa y cuantitativa de la segunda etapa del tratamiento capilar con una dosificación máxima de activos.....	71

XI.	Fórmula cualitativa y cuantitativa de la tercera etapa del tratamiento capilar con una dosificación mínima de activos .....	72
XII.	Fórmula cualitativa y cuantitativa de la tercera etapa del tratamiento capilar con una dosificación máxima de activos .....	73
XIII.	Rendimiento de las etapas del tratamiento capilar con dosificaciones mínimas de activos .....	73
XIV.	Rendimiento de las etapas del tratamiento capilar con dosificaciones máximas de activos .....	74
XV.	Temperatura y tiempo de exposición a efecto térmico para la evaluación de modo adecuado de aplicación .....	74
XVI.	Análisis de propiedades fisicoquímicas de la primera etapa.....	74
XVII.	Análisis de propiedades fisicoquímicas de la segunda etapa .....	75
XVIII.	Análisis de propiedades fisicoquímicas de la tercera etapa.....	75
XIX.	Resultados de separación de fases de prueba centrífuga y prueba de microondas para la primera etapa .....	75
XX.	Resultados de separación de fases de prueba centrífuga y prueba de microondas para la segunda etapa.....	76
XXI.	Resultados de separación de fases de prueba centrífuga y prueba de microondas para la tercera etapa .....	76
XXII.	Resultados de pruebas de estabilidad en 4 ambientes diferentes. Primera etapa (primer mes) .....	76
XXIII.	Resultados de pruebas de estabilidad en 4 ambientes diferentes. Primera etapa (segundo mes) .....	77
XXIV.	Resultados de pruebas de estabilidad en 4 ambientes diferentes. Primera etapa (tercer mes).....	77
XXV.	Resultados de pruebas de estabilidad en 4 ambientes diferentes. Primera etapa (cuarto mes) .....	77
XXVI.	Resultados de pruebas de estabilidad en 4 ambientes diferentes. Segunda etapa (primer mes) .....	78

XXVII.	Resultados de pruebas de estabilidad en 4 ambientes diferentes. Segunda etapa (segundo mes).....	78
XXVIII.	Resultados de pruebas de estabilidad en 4 ambientes diferentes. Segunda etapa (tercer mes).....	78
XXIX.	Resultados de pruebas de estabilidad en 4 ambientes diferentes. Segunda etapa (cuarto mes).....	79
XXX.	Resultados de pruebas de estabilidad en 4 ambientes diferentes. Tercera etapa (primer mes).....	79
XXXI.	Resultados de pruebas de estabilidad en 4 ambientes diferentes. Tercera etapa (segundo mes).....	79
XXXII.	Resultados de pruebas de estabilidad en 4 ambientes diferentes. Tercera etapa (tercer mes).....	80
XXXIII.	Resultados de pruebas de estabilidad en 4 ambientes diferentes. Tercera etapa (cuarto mes).....	80
XXXIV.	Análisis microbiológico de producto terminado, primera etapa (primer mes).....	80
XXXV.	Análisis microbiológico de producto terminado, primera etapa (segundo mes).....	81
XXXVI.	Análisis microbiológico de producto terminado, primera etapa (tercer mes).....	81
XXXVII.	Análisis microbiológico de producto terminado, primera etapa (cuarto mes).....	81
XXXVIII.	Análisis microbiológico de producto terminado, segunda etapa (primer mes).....	82
XXXIX.	Análisis microbiológico de producto terminado, segunda etapa (segundo mes).....	82
XL.	Análisis microbiológico de producto terminado, segunda etapa (tercer mes).....	82

XL I.	Análisis microbiológico de producto terminado, segunda etapa (cuarto mes).....	83
XLII.	Análisis microbiológico de producto terminado, tercera etapa (primer mes).....	83
XLIII.	Análisis microbiológico de producto terminado, tercera etapa (segundo mes).....	83
XLIV.	Análisis microbiológico de producto terminado, tercera etapa (tercer mes).....	84
XLV.	Análisis microbiológico de producto terminado, tercera etapa (cuarto mes).....	84
XLVI.	Longitud de la hebra del cabello posterior la aplicación del tratamiento.....	84
XLVII.	Resultados cualitativos de la evaluación de apariencia del cabello .....	85
XLVIII.	Resultados cualitativos de la evaluación de porosidad del cabello .....	85
XLIX.	Resultados cualitativos de la evaluación de la elasticidad del cabello ....	85
L.	Resultados cualitativos de la evaluación de la facilidad de peinado .....	86

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>cP</b>	Centipoises
<b>g</b>	Gramo
<b>Hz</b>	Hertz
<b>kg</b>	Kilogramo
<b>m</b>	Masa
<b>min</b>	Minutos
<b>%</b>	Porcentaje
<b>%R</b>	Porcentaje de rendimiento
<b>pH</b>	Potencial de hidrógeno
<b>rpm</b>	Revoluciones por minuto
<b>s</b>	Segundos
<b>t</b>	Tiempo
<b>UFC</b>	Unidades formadoras de colonias



## GLOSARIO

<b>Activo</b>	Toda materia, cualquiera que sea su origen -humano, animal, vegetal, químico o de otro tipo- a la que se atribuye una actividad apropiada para constituir una fórmula con efecto específico.
<b>Agentes hinchantes</b>	Compuestos químicos de la desnaturalización de la proteína queratina de una forma paralela, alterando las otras interacciones presentes en el cabello.
<b>Agentes reductores</b>	Compuestos químicos que tienen como función principal el ablandamiento o debilitamiento del cabello por medio de la desnaturalización de la queratina, rompiendo los enlaces disulfuro de la estructura secundaria de dicha proteína.
<b>Alisado</b>	Cambio químico en la estructura de cada hebra capilar, por medio de diferentes agentes que modifican la estructura interna de los puentes disulfuro.
<b>Alfaqueratina</b>	Estructura de cadenas de aminoácidos de cisteína, los cuales constituyen puentes disulfuro.

<b>Betaqueratina</b>	Estructura de cadenas de aminoácidos con alta cohesión dada por el gran número de asociaciones por puentes de hidrógeno.
<b>Cosméticos</b>	Productos que se utilizan para la higiene corporal o para mejorar la apariencia, especialmente del rostro y cabello. Por lo general, son mezclas de compuestos químicos, algunos se derivan de fuentes naturales, muchos otros son sintéticos.
<b>Emoliente</b>	Sustancia utilizada en formulaciones con el objetivo de ablandar, suavizar y generar una superficie con textura sedosa de uso capilar o dermatológico.
<b>Emulsionante</b>	Compuesto que ayuda en la mezcla de dos sustancias que normalmente son poco miscibles o difíciles de mezclar.
<b>Fórmula cualitativa</b>	Procedimiento escrito en el que debe anotarse, en primer lugar el principio activo seguido de las otras sustancias incluidas en la enunciación de forma descriptiva, indicando el desempeño de cada uno de sus componentes.
<b>Fórmula cuantitativa</b>	Procedimiento detallado en el que debe anotarse en forma numérica, las cantidades utilizadas de cada uno de los componentes de un cosmético o producto por registrar ante un ente certificado.



<b>Operación unitaria</b>	Proceso físico de transformación, donde puede existir un intercambio de energía del tipo físico, de una materia prima en otro producto de características diferentes.
<b>Oxidación</b>	Reacción química donde un metal o un no metal cede electrones y, por lo tanto, aumenta su estado de oxidación.
<b>Pruebas de estabilidad</b>	Evaluación que proporciona datos e información del grado de persistencia relativa de un producto, tiempo de vida útil y compatibilidad de la formulación con el material de acondicionamiento, en las variadas condiciones a las que pueda estar sujeto desde su fabricación hasta su expiración.
<b>Reducción</b>	Reacción química en la que una especie química gana electrones y simultáneamente disminuye su número de oxidación.
<b>Transferencia de energía</b>	Es el proceso de propagación del calor en distintos medios, se produce siempre que existe un gradiente térmico o cuando dos sistemas con diferentes temperaturas, se ponen en contacto.
<b>Transferencia de masa</b>	Cambia la composición de soluciones y mezclas mediante métodos que no implican, necesariamente, reacciones químicas y se

caracteriza por transferir una sustancia a través de otra u otras a escala molecular.

**TM**

Marca comercial no registrada.

**Vehículo**

Componentes de una fórmula cosmética en la que se incluyen el o los solventes principales de la fórmula donde se van a disolver el resto de los componentes. En la mayoría de las formulaciones cosméticas se tiene un solvente por excelencia, el agua.

## RESUMEN

El objetivo de la presente investigación se basó en la formulación de un tratamiento capilar alisador en 3 etapas, como una propuesta para lograr la satisfacción del usuario final y, por ende, el posicionamiento de este producto en una entidad dedicada a la venta de productos cosméticos.

Las variables independientes evaluadas durante el desarrollo del tratamiento capilar fueron: temperatura, tiempo de agitación y tamaño de partícula, mientras que las variables dependientes fueron pH, viscosidad, densidad y porcentaje de rendimiento. Además, se complementó el estudio con ciertos análisis organolépticos, para su respectivo registro sanitario y trazabilidad durante la producción a gran escala. Estas especificaciones organolépticas, como apariencia, textura, color y olor, jugaron un papel importante para la aceptación del producto por los modelos, con quienes se practicaron las pruebas finales, dando la oportunidad de conocer el efectivo desempeño del tratamiento sobre sus cabelleras.

Durante el desarrollo de la investigación se evaluó la estabilidad de cada una de las fórmulas correspondientes a cada etapa del tratamiento, por medio de pruebas microbiológicas y de estabilidad acelerada, al exponerlas a diferentes ambientes en condiciones críticas. Dichas pruebas fueron completadas en un lapso de 4 meses, las cuales permitieron garantizar y asegurar la calidad de las 3 fórmulas y, a su vez, la satisfacción del consumidor final al contar con un producto que no pierde sus propiedades a corto plazo.

Se determinó que dicho tratamiento cumplió con las expectativas de las 5 modelos, por medio de factores analizados en el sondeo y proceso de desarrollo de cada etapa del tratamiento, como permanencia del alisado luego del uso y suspensión del tratamiento, facilidad en la forma de aplicación, desempeño de cada etapa del tratamiento sobre cabellos teñidos y difíciles de manejar, deterioro y pérdida de la elasticidad de la hebra capilar.

El recurso material utilizado fue proporcionado por la Corporación Lancasco S. A., empresa que cuenta con la patente y propiedad intelectual del presente proyecto.

## OBJETIVOS

### General

Desarrollar la fórmula cualitativa y cuantitativa de un tratamiento capilar en 3 etapas con efecto de alisado permanente a base de sulfito de sodio, aminoácidos de trigo, queratina hidrolizada y urea.

### Objetivos específicos

1. Evaluar cualitativamente y cuantitativamente el desempeño de la formulación cada uno de los tres productos que conforman el tratamiento capilar, dosificando los principios activos a su concentración mínima de efecto y concentración máxima de eficiencia.
2. Determinar la cantidad óptima, en gramos de sulfito de sodio, en la fórmula cuantitativa de cada una de las etapas del tratamiento capilar que es capaz de reaccionar con la queratina del cabello, confiriéndole el liso deseado.
3. Determinar la composición porcentual de emulsificantes para la segunda etapa del tratamiento capilar para la incorporación del sulfito de sodio, aminoácidos de trigo, queratina hidrolizada y urea, punto crítico para la obtención de una emulsión PIT (*phase inversion temperature*).

4. Comparar el rendimiento de cada uno de los productos que conforman el tratamiento capilar de 2 grupos de formulaciones, a la dosis máxima y mínima de activos, respectivamente.

## INTRODUCCIÓN

El consumo de los productos capilares en Guatemala aumenta diariamente en ciertos niveles socioeconómicos del país, debido a la demanda de productos de cuidado personal en el mercado. Las características que el cabello presenta en general, respecto a su apariencia, tratamiento, funciones químicas y físicas, lo han convertido en objeto de estudio e investigación para la innovación de nuevas tendencias de usos y de productos que le protejan.

Entre los productos innovadores de los últimos tiempos se encuentran algunos alisadores y onduladores de cabello que actúan de manera irreversible, como un cambio químico efectivo en la apariencia del mismo, confiriéndole al cabello facilidad de manejo con el aspecto que se desea. Estos productos actualmente son requeridos por un segmento de mujeres que se encuentran entre los 13 a 55 años, tomando en cuenta que, en la última década, el sexo masculino también se ha interesado en su aspecto físico tanto como en la higiene y cuidado del cabello. Con el paso del tiempo, ha sido evidente cómo se ha relegado a los ingenieros químicos en lo que respecta al desarrollo integral de productos cosméticos nuevos, muchas veces es más apreciada la opinión de mercadólogos o vendedores, dejando a los ingenieros químicos únicamente el trabajo de laboratorio. Es por ello que el presente informe pretende ampliar el conocimiento de los futuros ingenieros químicos en el campo del desarrollo de productos capilares.

Es habitual que la gerencia general de las empresas pretenda obtener ventas altas, al igual que utilidades, en comparación a proyecciones previas. Es

allí donde el correcto desarrollo y posicionamiento de productos nuevos toma su importancia y el papel del ingeniero químico debe ser primordial.

El tratamiento capilar que se detallará muestra cada una de las etapas del desarrollo de los 3 productos que lo constituyen, en las que no solamente se señalarán los estudios de estabilidad, pruebas cualitativas y cuantitativas para su desarrollo, sino también una serie de análisis y estudios desde la concepción de la idea hasta su creación, ya que toda empresa anhela tener un producto con el que el consumidor final se afiance y fidelice.

Muchas empresas hacen caso omiso de todos los pasos que se deberían seguir para asegurar al máximo el éxito de un producto nuevo. Al analizar las razones por las cuales a muchos productos no les ha ido del todo bien en su lanzamiento al mercado, se puede concluir que en la mayor parte no se debe a problemas técnicos o profesionales, sino a una mala apreciación de las verdaderas necesidades o expectativas del mercado.

La creación, desarrollo (tanto de la idea como del producto) y lanzamiento de productos capilares nuevos son actividades que deben manejarse a través de métodos que disminuyan la posibilidad de un fracaso o que, al menos, aseguren el retorno del capital invertido, ya que existen muchas propuestas de productos cosmetológicos en el mercado.



## 1. ANTECEDENTES

En la antigüedad, el cuidado del cabello era un elemento esencial de la apariencia. Los griegos se perfumaban el pelo con esencias aromáticas hechas a base de flores, especias y aceites, para suavizar el pelo y darle brillo aplicaban lociones, pomadas y cera de abejas. Griegos y romanos iban siempre bien peinados, ya que era considerado un signo de civilistas, las mujeres de clase acomodada llevaban siempre el pelo bien recogido y aumentaban el volumen con postizos y trenzas gruesas, no llevaban nunca el pelo corto. Los sistemas romanos de recoger el pelo fueron cada vez más elaborados por influencia helénica y de oriente, el cabello era símbolo de fortaleza, por ello ha sido siempre objeto de atenciones y cuidados.

En la mayoría de culturas, el estatus social del hombre era apreciable por la longitud de sus cabellos, el cabello largo era observado en personas de la nobleza, los guerreros y los dioses. Por otro lado, el cabello corto era evidente en las culturas romanas, en los esclavos, sirvientes y trabajadores, lo que proporcionaba a estos mayor higiene. Con el paso del tiempo, estas creencias fueron cambiando, las personas empezaron a interesarse en lucir cabellos sanos, brillantes y sin encrespamiento, independientemente del largo que tuviesen. Es durante estas transiciones cuando nace el interés por los cabellos lacios y los tratamientos para lograrlos, los cuales han evolucionado durante estos últimos siglos.

Wolfram, Cohen y Tehrani (1983), en sus investigaciones describen un procedimiento para alisar el cabello, el cual consiste en tratarlo con un agente reductor y ciertos polímeros catiónicos, seguido de una neutralización del

cabello con una solución que contenga un agente oxidante y un tensoactivo, surfactante, aniónico o anfótero.

Ciaudelli y Goldberg (1985) crean un procedimiento de dos etapas en las que, esencialmente, el cabello primero debe tratarse con un agente que debilite su estructura para darle la forma deseada, llamando a esta primera etapa “reducción”, y posteriormente una segunda fase denominada “neutralización” para la fijación de los nuevos enlaces. Esta segunda etapa es a base de una solución de peróxido de hidrógeno, para lograr el reordenamiento de los enlaces disulfuro, luego de la desnaturalización de la queratina dada por el proceso químico de la primera etapa.

Patricia Suita-Mangano (1987), en su investigación se enfoca en tratamientos de materiales queratinosos para realizar ondulaciones o alisados permanentes por medio de la rotura de los enlaces disulfuro, lo que permite que las cadenas polipeptídicas funcionen independientemente, posibilitando la deformación de la forma del cabello sin elasticidad. La rotura de los enlaces disulfuro puede conseguirse mediante el empleo de diversos agentes reductores, como sulfuros, sulfitos, hidrosulfitos y cianuros inorgánicos.

Thomas Forster, Daniela Prinz, Martina Hollenbrock y Burkhard Muller (1998) patentaron un agente para el moldeado del cabello en forma de una fina emulsión aceite en agua, para que exista una mejor penetración de los principios activos en el cabello y este sea más dócil.

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. El cabello**

Es una estructura epidérmica en forma de filamento o fibra constituido por células con cadenas largas de proteínas, siendo la más importante la queratina. Se encuentra en casi todas las superficies del cuerpo cumpliendo la función principal de protegerlo de los factores externos que se encuentran en el ambiente y ayuda a conservar el calor en la piel, que es muy necesario para que el cuerpo cumpla con todas sus funciones específicas.

La mayor cantidad de cabello en el cuerpo se encuentra en la superficie de la piel de la cabeza, conocida como cuero cabelludo, y se produce a partir de los folículos pilosos que son una parte de la piel ubicados entre la dermis y la epidermis, o las capas interna y externa de la piel respectivamente.

El cabello consiste en dos componentes principales, el folículo piloso, que determina la estructura química del cabello, y la fibra capilar, que en su esencia es el filamento o tallo capilar.

#### **2.1.1. Estructura del cabello**

El cabello se encuentra en la piel como un árbol en la tierra, el tallo del árbol se consideraría aquí el tallo piloso y la tierra se consideraría el folículo piloso. El cabello es, por lo tanto, una estructura filamentosa implantada en una cavidad de la epidermis denominada folículo piloso. Cada uno de los pelos

consiste en una raíz ubicada en un folículo piloso y en un tallo que se proyecta hacia arriba, por encima de la superficie de la epidermis.

La raíz se agranda en su base. La zona papilar o papila dérmica está compuesta de tejido conjuntivo y vasos sanguíneos, que proporcionan al pelo las sustancias necesarias para su crecimiento. Cada cabello empieza cerca de 4 mm bajo el cuero cabelludo, en un pequeño tubo llamado folículo. A medida que el pelo crece sale de la raíz, fuera del folículo, a través de la piel, donde puede ser visto. La parte que se ve, que forma la fibra del cabello (eje), de hecho está biológicamente muerta. El eje del pelo es una estructura compleja que consiste en una estructura interna o núcleo (llamado corteza) y una serie de capas protectoras exteriores (cutícula).

### **2.1.2. Cutícula del cabello**

La cutícula es la parte externa de la fibra del pelo, es la que necesita cuidados y la que está sujeta a ataques del medio. La condición del cabello depende de la cutícula. El viento, la lluvia, la luz solar, piscinas y agua salada, químicos fuertes, permanentes excesivas, decoloración o coloración y daño mecánico causado por cepillado fuerte puede causar daño al cabello. Dependiendo del tipo de daño, hay tratamientos especiales que pueden ayudar a prevenir y a reparar el cabello dañado.

Los vasos capilares en la base de cada folículo, llamado papila, nutren cada raíz de cabello para permitirle crecer. Esta parte del pelo requiere el cuidado que viene desde adentro, de una nutrición completa con todos los minerales, vitaminas y aminoácidos.

Una deficiencia en vitaminas o un nivel anormal de proteínas, debido a una dieta desequilibrada o a cambios hormonales, puede alterar el crecimiento del cabello, dañando la estructura y la operación de la raíz del pelo. Estas situaciones pueden llevar a problemas de pérdida y caída del cabello. Cada folículo tiene una glándula sebácea que es responsable de mantener la condición del pelo. El sebo es ese material graso producido por las glándulas sebáceas que lubrica naturalmente el cabello.

### **2.1.3. Tallo piloso y raíz pilosa**

En definitiva en el cabello se puede distinguir dos partes: la parte externa y visible del pelo llamada tallo piloso y la parte no visible y profunda en el interior de la piel, que se conoce como raíz pilosa. Mientras que el tallo está compuesto por células totalmente queratinizadas y desvitalizadas, la raíz es la parte viva del pelo en la que se encuentran las células germinativas. A esta zona se la conoce como matriz.

### **2.1.4. Folículo piloso**

La raíz del cabello se encuentra envuelta en una cavidad longitudinal de la epidermis denominada folículo piloso, este permite su crecimiento. La raíz del pelo está compuesta por células vivas, no queratinizadas. Se pueden distinguir varias partes.

#### **2.1.4.1. Vaina interna**

Es una envoltura tubular de células que, a partir de las células de la matriz germinativa, se extiende hacia arriba separando la raíz del pelo de la vaina externa.

#### **2.1.4.2. Vaina externa**

Es una prolongación hacia debajo de la epidermis que rodea al folículo piloso y que disminuye de grosor cuanto más profundiza (al contrario de la vaina interna).

#### **2.1.4.3. Músculo erector del pelo**

Se encuentra junto al folículo piloso y está formado por fibras musculares lisas que se dirigen desde la dermis papilar hasta por debajo de la glándula sebácea.

#### **2.1.4.4. Bulbo piloso**

Es la parte inferior y más voluminosa del folículo. Está formado por un conjunto de células basales situadas alrededor de la papila que formarán la queratina del pelo. La papila dérmica es una estructura conjuntiva de la dermis, muy rica en vasos y nervios, situada en la parte inferior del bulbo. Si se elimina la papila, el pelo desaparece. En algunos casos puede volver a formarse otra nueva papila reanudándose el ciclo piloso.

#### **2.1.5. El tallo de la hebra capilar**

En la estructura del pelo se pueden distinguir varias partes, la parte central formada por la médula y dos capas envolventes: una media, llamada corteza o córtex y una externa denominada cutícula. Está compuesto por células muertas queratinizadas y sin núcleo.

### **2.1.5.1. Cutícula**

Es la parte más exterior del tallo y está formada por unas células aplanadas, queratinizadas y sin pigmento (translúcidas), que se superponen unas sobre otras permaneciendo adosadas y dirigiendo el extremo libre hacia la punta del pelo.

### **2.1.5.2. CórTEX o corteza**

Forma la mayor parte de la estructura del cabello. De ella dependen la elasticidad y la resistencia del mismo.

### **2.1.5.3. Médula**

Es la parte interna del cabello y no tiene relación directa en las alteraciones del tallo. No aparece en todos los cabellos y puede tener pigmentos o no. Estas células están poco queratinizadas y poco unidas entre sí.

## **2.2. Propiedades del cabello**

Las propiedades más importantes del cabello son las siguientes.

### **2.2.1. Permeabilidad**

Es la capacidad que tiene el cabello de absorber líquidos y debe tenerse muy en cuenta a la hora de aplicar un producto químico. Las fibras de queratina tienen una gran atracción por la humedad del ambiente, permitiendo el cabello llegar a absorber hasta una tercera parte de su peso. Al producirse en este

cabello una absorción de agua, puede producirse en este una alteración de las demás características, como su longitud, diámetro y forma.

### **2.2.2. Resistencia**

Se define como la capacidad de soportar la tracción. Esta propiedad del cabello está determinada por su estructura y composición química. La resistencia del pelo puede verse alterada por la acción de determinados agentes químicos, como ocurre en el caso de los cabellos decolorados. La tensión ejercida sobre el cabello está relacionada directamente con su contenido de azufre y, antes de romperse el cabello, se produce en él una serie de transformaciones en su queratina. También es muy resistente al calor, soportando temperaturas superiores a 140 °C de calor seco y hasta 220 °C de calor húmedo (siendo de vital importancia tenerlo en cuenta en los cambios de forma del cabello). Por último, la gran cantidad de azufre y su estructura compacta de la queratina, lo hace muy resistente a los ataques de microorganismos.

### **2.2.3. Plasticidad**

Es la propiedad por la cual se puede moldear o realizar nuevas formas al cabello sin que recupere inmediatamente su forma natural. Cuando se moja el cabello se rompen los puentes de hidrógeno y se moldea con mayor facilidad.

### **2.2.4. Elasticidad**

Es la propiedad más importante del cabello, gracias a ella puede variar su forma, longitud y diámetro cuando es aplicada una fuerza sobre él, volviendo a su forma original cuando esta cesa. Esta propiedad está relacionada con la mayor o menor unión entre las moléculas de la queratina, pudiendo verse



afectada por algunos factores como humedad, temperatura, radiación ultravioleta y algunas sustancias químicas. La elasticidad puede llegar hasta una tercera parte de la longitud del cabello.

### **2.2.5. pH**

Esta propiedad hace referencia a la alcalinidad o acidez del cabello, la cual se encuentra en un rango de 4,5 – 5,5 en el cabello sano, es decir un medio ácido. Por lo tanto, los productos capilares deben ubicarse en un rango de pH ácido de 4,00 a 6,00 para cabellos con falta de brillo, cuerpo y resistencia y así mejorar su apariencia. Se debe evitar, en la mayoría de casos, aplicar productos alcalinos con pH entre 7,00 y 10,00, ya que ocasionan resequedad e irritamiento a la fibra capilar. La única excepción es cuando se requiere hacer cambios de coloración, ondulación o alisado al cabello, ya que el pH alcalino favorece el hinchamiento de las fibras capilares. Se debe tomar en cuenta que debe existir un procedimiento de sellado o neutralización al final del proceso donde se le devuelva el pH normal al cabello.

### **2.2.6. Propiedades eléctricas**

Esta propiedad se produce por fricción (cepillado, peinado u otros), por la presencia de cargas electrostáticas, que impiden el normal peinado y cepillado normales del cabello. Se pueden reducir estas cargas de dos formas:

- Mojando el cabello.
- Recubriendo el cabello mediante una película grasa, procedente del propio sebo o de un cosmético de tipo graso.

## **2.3. Composición química del cabello**

El cabello está compuesto por proteínas, lípidos, oligoelementos, agua, pigmentos y otras sustancias.

- 28 % de proteínas
- 2 % de lípidos
- 70 % de agua, sales y otras sustancias (urea, aminoácidos, entre otros)

Las proteínas capilares son, en su mayor parte, queratina. La queratina del cabello y de las uñas tienen mayor contenido en azufre que la de la piel. Se puede diferenciar entre dos tipos de queratina, queratina dura y blanda. La queratina dura está presente en la corteza y en la cutícula y la queratina blanda se observa en la médula del pelo. La ruptura de la queratina se debe a la acción de álcalis fuertes y reductores, en esto se basa el proceso de cambio de forma permanente.

### **2.3.1. Estructura general de aminoácidos y proteínas**

Deben conocerse, en términos generales, la estructura y funciones principales de los aminoácidos y las proteínas (serie de aminoácidos), para posteriormente comprender mejor las reacciones de reducción y oxidación ocurridas en la queratina del cabello en el proceso de alisado.

### **2.3.2. Aminoácidos**

Son moléculas cristalinas con carácter ácido y actividad óptica como propiedad fundamental. Se caracterizan por contener un grupo amino y un grupo ácido unidos a un átomo de carbono alfa ( $\alpha$ ) que, en la mayoría de los

aminoácidos, es asimétrico y constituye un centro quiral porque tiene cuatro grupos diferentes enlazados a él.

Los aminoácidos quirales pueden existir como estereoisómeros, es decir, como compuestos que tienen la misma fórmula molecular pero difieren en el orden o configuración de sus átomos en el espacio. Los pares de imágenes especulares de aminoácidos se indican como D y L, derecho e izquierdo respectivamente, dependiendo del lado en que se encuentre ubicado el grupo amino en la representación, Fisher del aminoácido. Algunas cadenas laterales de los aminoácidos son no polares y, en consecuencia, hidrofóbicas, mientras que otras son polares o ionizadas a pH neutro y, en consecuencia, hidrofílicas.

Las cadenas laterales pueden pertenecer a siete clases químicas alifáticas, aromáticas sulfuradas, alcohol, base, ácido y amida. Los dos aminoácidos principales en la estructura del cabello son la cisteína y la cistina, ya que son aminoácidos azufrados y dado que el átomo de azufre es polarizable, el grupo sulfhidrilo (-SH) de la cisteína puede formar puentes de hidrogeno débiles con el nitrógeno y el oxígeno. Son insolubles en agua, alcohol y éter, pero altamente solubles en disoluciones acuosas amoniacaes y alcalinas.

Cuando dos moléculas de cisteína se oxidan y se unen por medio de un enlace disulfuro, explicados con detalle posteriormente, se obtiene el aminoácido cistina y, gracias a estos enlaces, los puentes disulfuro estabilizan las estructuras dimensionales de las proteínas. La conversión de cisteína a cistina tiene una gran importancia biológica porque desempeña un papel en sistemas óxido-reducción, el cual es vital para comprender la ruptura de enlaces de la queratina en el cabello.

### 2.3.3. Proteínas

Son sustancias macromoleculares constituidas por una secuencia lineal de aminoácidos en una cadena polipeptídica. Los enlaces que se establecen entre los aminoácidos para formar las proteínas son llamados enlaces amidas o enlaces peptídicos. Este enlace surge de la unión simple del grupo carboxilo alfa ( $\alpha$ ) de un aminoácido con el grupo amino alfa ( $\alpha$ ) de otro, por medio de la pérdida de una molécula de agua.

Como las proteínas están compuestas por una infinidad de uniones de aminoácidos, forman moléculas complejas, por lo que se han definido cuatro niveles de estructura de las proteínas:

- Estructura primaria: describe la secuencia lineal de aminoácidos y le confiere su identidad individual a la proteína.
- Estructura secundaria: describe la conformación y orientación de los segmentos de la cadena de aminoácidos, mantenidos por puentes de hidrógeno entre los hidrógenos de la amida y los oxígenos del carbonilo. Las disposiciones más comunes son la hélice  $\alpha$  y la hebra  $\beta$ .
- Estructura terciaria: describe la cadena polipeptídica totalmente plegada y compactada, donde varias unidades se encuentran enlazadas por un tramo corto de residuos de aminoácidos, formando una estructura tridimensional llamada dominio.
- Estructura cuaternaria: se refiere a la unión mediante enlaces no covalentes de varias cadenas polipeptídicas con estructura terciaria para formar un complejo proteico.

### **2.3.4. Queratina**

Es la proteína esencial del cabello y posee una estructura secundaria con una disposición de  $\alpha$ -hélice, ya que cuando se pliegan las cadenas de la estructura primaria se forma una espiral. Está constituida por una gran cantidad de aminoácidos, aproximadamente dieciocho de estos forman una medible mezcla por medio de distintos enlaces y conforman la queratina. Mediante hidrólisis con ácidos fuertes produce una gran cantidad del aminoácido sulfurado llamado cistina. Existen dos tipos de queratina principales:

- Alfaqueratina ( $\alpha$ ): caracterizada por presentar en sus cadenas de aminoácidos monómeros de cistina, los cuales forman puentes disulfuro, aportándole dureza a la proteína, además de presentar la forma de hélice por los puentes de hidrógeno.
- Betaqueratina ( $\beta$ ): caracterizada por no presentar moléculas de cistina ni puentes de hidrógeno, convirtiéndose en una proteína inextensible. Es la disposición que adquiere la alfaqueratina con el rompimiento de sus enlaces.

La queratina mantiene su nivel estructural debido a que los aminoácidos forman entre sí diferentes tipos de enlaces y fuerzas intermoleculares.

#### **2.3.4.1. Enlaces disulfuro**

Debido a que la queratina contiene un porcentaje alto del aminoácido cistina, los enlaces disulfuro característicos de este provocan que dos series de aminoácidos de una proteína plegada en una estructura se enlacen, ya que los grupos amino y carboxilo de aminoácido pueden unirse por medio de puentes

de hidrógeno. Por lo tanto, el enlace disulfuro es de suma importancia ya que si llegaran a romperse los puentes de hidrógeno formados, se volverían demasiado débiles para sostener el nivel de estructura de la proteína.

#### **2.3.4.2. Enlaces hidrófobos**

Debido a que algunas cadenas laterales de los aminoácidos son hidrófobas y otras hidrófilas, suele suceder que entre ellas forman complejos insolubles y no logran ser miscibles dentro de la queratina.

#### **2.3.4.3. Fuerza intermolecular para formar puentes de hidrógeno**

Estos enlaces se forman por la interacción del hidrógeno del grupo amino (NH) del enlace peptídico de una sección de la cadena de aminoácidos con el oxígeno del grupo carbonilo (Co) del enlace peptídico de otra sección de aminoácidos de la misma serie plegada en la  $\alpha$ -hélice. Generalmente, estos enlaces son débiles, pero debido a que son numerosos en la estructura de la queratina le proporcionan buena estabilidad.

#### **2.3.4.4. Fuerza intermolecular para formar puentes eléctricos o enlaces salinos**

Debido a que la mayoría de los aminoácidos que conforman la queratina, poseen cadenas laterales largas y algunas complejas, se pueden encontrar grupos ácidos o básicos en el resto de la estructura, por lo que se pueden formar sales entre estos si se encuentran en una posición favorable.

Una de las estructuras planteadas para la alfaqueratina ( $\alpha$ ), y que a la vez es una de las más aceptadas, es la de Pauling-Corey, ya que muestra la estructura secundaria de la proteína y los enlaces principales que forman la  $\alpha$ -hélice

## **2.4. Ciclo del cabello**

El cabello esta genéticamente preparado para realizar unos 25 ciclos con una duración de unos 4 años aproximadamente cada uno de ellos. Un ciclo se define como el proceso de nacimiento, desarrollo y muerte del pelo. Cada folículo piloso tiene su propio ciclo independiente de los otros folículos que hay alrededor. El crecimiento es más rápido en jóvenes que en personas mayores.

### **2.4.1. Fases del ciclo del cabello**

En el ciclo piloso se pueden distinguir tres fases.

#### **2.4.1.1. Fase anágena**

En esta fase el pelo está pegado a la papila, nace y crece. Dura entre 4 y 6 años, aunque normalmente se toma como valor medio tres años. La forma del folículo en esta fase es más ancha en la base que en el tallo. El pelo crece sin cesar, debido a que las células de la matriz del folículo se dividen por mitosis constantemente. Representa esta fase al 85 % de los cabellos.

#### **2.4.1.2. Fase catágena**

Es una fase de transición. Se extiende unas 3 semanas, durante las cuales el crecimiento se detiene y se separa de la papila, cesando la actividad

de las células de la matriz, incluido los melanocitos. El bulbo toma un aspecto cilíndrico. Representa el 1 % de los cabellos.

### 2.4.1.3. Fase telógena

Es la fase del descanso y de caída del pelo, dura unos 3 meses aproximadamente. La raíz del pelo toma un aspecto de cerilla y permanece insertado en el folículo. Representa el 14 % de los cabellos.

Tabla I. **Datos y fórmula pilosa**

Números de cabellos	100,000
Velocidad crecimiento	0,5 mm/día
Pérdida diaria	100
Cabello catágeno	1 %
Cabello anágeno	85 %
Cabello telógeno	14 %

Fuente: WADE, L. *Química orgánica*. p. 36.

Tabla II. **Tipo de pelo, duración de la fase anágena**

Cabello	3-5 años
Vello corporal	13-15 semanas
Barba	1 año
Bigote	4-14 semanas
Cejas	1 mes

Fuente: WADE, L. *Química orgánica*. p. 36.

## 2.5. Tipos de cabello

Se pueden distinguir tres tipos de cabello.



### **2.5.1. Lanugo**

Es el primer cabello que se forma en la vida uterina, alrededor de la semana veinte a la veintidós. Es un cabello largo, sin pigmento y muy fino.

### **2.5.2. Vello**

La epidermis está recubierta por un cabello delgado con escasa pigmentación y corto (menos de un centímetro), el cual reemplaza al lanugo en la mayor parte de las zonas corporales donde este se encontraba. No existe este tipo de cabello en las zonas donde hay un cabello terminal, ni en la zona plantar.

### **2.5.3. Pelo terminal**

Al finalizar la vida uterina, el lanugo se pierde y en zonas como el cuero cabelludo, cejas y pestañas, se desarrollan cabellos pigmentados, medulados, gruesos, resistentes y relativamente largos. Son los primeros cabellos terminales elaborados en el folículo piloso.

En la adolescencia se produce el llamado segundo cabello terminal, como respuesta a la aparición de andrógenos de origen adrenal en las hembras y gonadal en los varones, o pelo sexual secundario, que sustituye al vello de las axilas, la zona púbica, abdomen, tronco y barba en los varones. En el cuero cabelludo se puede producir una atrofia del pelo terminal y convertirse en vello.

## **2.6. Clases de cabello**

La estructura de su folículo capilar determinará su tipo de cabello. Si ese tubo es pequeño, entonces tendrá pelo fino y si es grande tendrá pelo grueso. El pelo de una persona será liso si ese tubo es redondo y será rizado si el tubo es aplanado. Los cabellos pueden clasificarse según diferentes criterios:

### **2.6.1. En función de su estructura**

El cabello en conjunto puede ser, según su estructura y apariencia física:

- Liso, lacio o lisótrico: la forma del folículo es circular y está orientado verticalmente a la superficie de la piel formando un ángulo recto con ella.
- Ondulado o cinótrico: tiene forma oval y está orientado formando un ángulo agudo.
- Rizado o ulótrico: tiene forma elíptica y la orientación es casi paralela a la superficie de la piel.

En los caucásicos suele predominar el cabello liso ondulado, ya que en el folículo generalmente forma un pequeño ángulo agudo con la vertical a la piel. El tipo lisótrico es muy característico de los orientales, mientras que los tipos rizados lo son de las personas de raza negra.

### **2.6.2. En función de la emulsión epicutánea**

- Normal: la emulsión epicutánea está equilibrada. El aspecto del cabello es brillante, suave y aterciopelado.

- **Seco:** la emulsión epicutánea contiene poca grasa y poca agua. El aspecto del cabello es áspero y quebradizo.
- **Graso:** la emulsión epicutánea tiene alto contenido en grasa. El aspecto del cabello es brillante y pegajoso.

### **2.6.3. En función de su resistencia**

- **Cabello fino:** debe su finura a un debilitamiento en la producción de queratina. Se encuentra generalmente en personas rubias o de cabello claro (castaño) y personas que tienen la piel fina.
- **Cabello grueso:** debe su grosor a un aumento en la producción de queratina. Se encuentra normalmente en personas de cabello oscuro y moreno, y está asociado a una piel gruesa.

## **2.7. Pautas para la clasificación de cabellos**

Las características o determinación del cabello varían de acuerdo con la raza, el sexo, la edad, la zona cutánea y las particularidades propias de cada individuo.

Con independencia de la edad, de los factores ambientales y biológicos y de la herencia genética, la cantidad de cabello de una persona determinada varía según el color de cabello de esa persona. Así, una cabellera rubia tendrá un promedio de 50 000 pelos, una cabellera morena tendrá un promedio de 100 000 pelos y una cabellera pelirroja entre 80 000 y 90 000.

Los pelos se encuentran localizados en gran número por toda la superficie corporal, excepto en las palmas de las manos y plantas de los pies.

## **2.8. Crecimiento del cabello**

El cabello crece aproximadamente 0,50 mm/día, es decir 1,5 cm al mes y de 10 a 20 cm por año. Un cabello vive de tres a cinco años, es decir que pasado este tiempo el cabello cae y otro nuevo sale en su lugar, por lo que la longitud no excede de un metro aproximadamente. El ritmo de crecimiento de cada cabello no es el mismo, al comienzo es más rápido y después es más lento. En los jóvenes crece más rápidamente que en los ancianos y algunas enfermedades o el embarazo pueden retardar su crecimiento. La longitud de los pelos varía de acuerdo con la zona corporal que se trata, pero sirve para clasificarlo. Los diversos tipos de pelos que cubren el cuerpo podrían clasificarse según sus características de longitud en:

- Pelos largos y flexibles: son el cabello, la barba, el bigote, el vello de la axila y del pubis.
- Pelos cortos y rígidos: son los pelos de las cejas, pestañas, de la nariz y las orejas.
- Pelos de longitud variable: lo constituyen el vello corporal y de las extremidades.

Los factores que pueden influir en el crecimiento del cabello pueden ser:

- Genéticos
- Hormonales
- Nutricionales
- Físicos (temperatura, ambiente, humedad, otros)

- Psíquicos (fatiga, estrés, tensión emocional, otros)

## **2.9. Color del cabello**

Viene de la melanina, sustancia que le da al pelo y a la piel su pigmento. Hay dos clases de melanina, un tipo es responsable de los tonos oscuros (eumelanina) y el otro es responsable de los tonos claros, como el rubio y rojo (feomelanina). La mezcla y cantidades de estos pigmentos determinan el color natural del pelo. En alguna forma, también es cierto que mientras más claro sea un pelo menos melanina tiene. Una persona con cabello negro tiene mucha más melanina que alguien con pelo rubio o rojo. El color del pelo es una característica individual que está determinada genéticamente, como otros rasgos raciales como la coloración de los ojos o la pigmentación cutánea.

El color que presenta el pelo es debido a la eumelanina y feomelanina. La disposición y cantidad de estas melaninas proporcionan las diferentes tonalidades de pelo, por lo que el color del cabello se debe a la presencia de gránulos de melanina elaborados en el bulbo capilar y distribuidos en los queratinocitos del tallo, de forma similar a lo que ocurre en la epidermis. En cada cabello hay varios tipos de pigmentos y el color resultante dependerá de las cantidades de cada uno de ellos, de la cantidad, del tamaño y de su distribución en el córtex.

- Existen tres tipos de melaninas:
  - Eumelaninas: va desde el color marrón al negro.
  - Feomelaninas: va desde el color amarillo al rojo.
  - Tricocromo: de color rojizo.

- Sobre la melanina influyen varios factores
  - Herencia: raza y características que heredamos de los padres.
  - Hormonas: como la hormona estimulante de los melanocitos.
  - Radiación solar: la luz ultravioleta produce una aclaración del color del cabello, mientras que la piel se oscurece.
  - Edad: con el paso del tiempo, el pelo se va oscureciendo poco a poco, hasta llegar a un punto en el cual los melanocitos pierden su actividad y el cabello comienza a volverse blanco (canicie).
  - Otros factores: ciertos medicamentos, falta de nutrición, trastornos metabólicos, emocionales, entre otros.

## **2.10. Forma e implantación del cabello**

La forma del cabello viene determinada por su implantación en el cuero cabelludo. En el cabello se pueden encontrar los denominados remolinos, diferentes líneas de implantación y distintas direcciones de las raíces. En la zona donde hay remolinos, el cabello nace con más fuerza en la raíces y se dirige hacia una dirección determinada. No se puede eliminar, pero en cambio si se pueden disimular aplicando la técnica adecuada en el corte y el peinado. La línea de implantación es distinta en cada persona y no se pueden eliminar, solo adaptarla por el peinado adecuado.

El cabello puede tener en su raíz más o menos fuerza, esto le da una caída natural característica y contribuye a dar mayor o menor volumen al conjunto de la cabellera. Se pueden encontrar diferentes líneas de implantación de cabello en la parte delantera como en la nuca. Pueden ser en pico, dos puntas, tres puntas, cuadrado y redondo.

## 2.11. Calidad del cabello

Se determinará la calidad el cabello a través del tacto y la vista. La calidad del cabello depende, sobre todo, de la herencia capilar y de los cuidados alimenticios y estéticos. La apariencia de un cabello es una propiedad cualitativa que evalúa aspectos como tamaño, color, peinado, brillo, manejabilidad y volumen.

Las personas expertas en el área de la cosmética capilar son capaces de definir la buena o mala apariencia del cabello de una persona, pero una persona que no tenga mucho conocimiento en esta industria puede guiarse en la siguiente tabla para definir la apariencia de un cabello

Tabla III. **Parámetros visuales de apreciación de la apariencia del cabello de una persona**

<b>Características</b>	<b>Apariencia del cabello</b>
Fuerte, resistente al rompimiento, brillo extremo, dócil y corpulento.	Buena
Brillo intermedio, caída de fibras capilares eventualmente, enmarañado eventualmente.	Regular
Opaco, con facilidad de quiebre sin volumen, de fácil enredo	Mala

Fuente: elaboración propia.

## 2.12. Reparación, protección y alisado del cabello

El cabello de cada persona es distinto, por lo que no pueden generalizarse procedimientos o aplicaciones de productos para el tratamiento de las fibras capilares, pero sí se pueden utilizar los parámetros establecidos para evaluar las propiedades de cada uno. La facilidad de peinado del cabello depende en gran medida de la estructura de cada persona y del uso del champú y acondicionador que se utilice durante el tiempo posterior a un tratamiento.

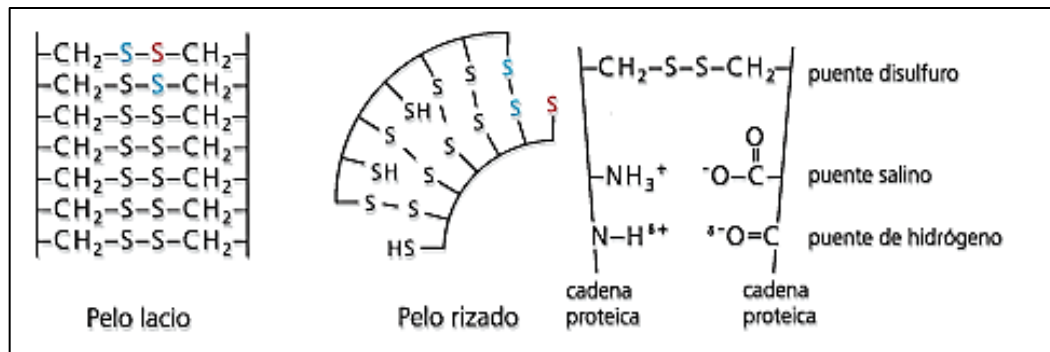
El alisado del cabello es un proceso delicado y debe realizarse con mucho cuidado, tomando en cuenta la naturaleza del cabello para evitar la resequedad, degradación y fragilidad del mismo. Debido a que las propiedades físicas y mecánicas del cabello son dadas por los diferentes enlaces e interacciones químicas que se presentan en las cadenas de aminoácidos de la queratina; que este sea liso u ondulado depende de la rigidez y dureza que los enlaces disulfuro, puentes de hidrógenos y enlaces salinos le aporten a la proteína.

Los enlaces de azufre entre las cadenas de queratina actúan como escalas y mantienen fija la estructura del cabello. Debido a esto, el funcionamiento de los procedimientos para alisar el cabello se basa en la ruptura, reorganización y formación de nuevos enlaces disulfuro. Si los enlaces disulfuro del cabello están ubicados en forma paralela, las proteínas están alineadas y se tiene un cabello liso.

De lo contrario, si los enlaces disulfuro se ubican en forma diagonal o cruzada a la serie de aminoácidos de la queratina, las fibras forman una espiral y se tiene un cabello ondulado o rizado, dependiendo de la forma original del folículo piloso. La cantidad de humedad del cabello altera el grado de rizo del cabello, es decir que cuando el cabello está completamente húmedo el agua penetra en él y altera de forma parcial los puentes de hidrógeno, los enlaces salinos y algunos enlaces hidrófobos, atrayendo los residuos hidrófilos de las cadenas laterales de los aminoácidos.



Figura 1. **Estructura de enlaces disulfuro en cabello liso y ondulado**



Fuente: HAN, M.O.; CHUN, J.A; LEE, JW,; CHUNG, C.H. *Effects of permanent waving on changes of protein and physicomorphological properties in human head hair*. p. 86.

### 2.12.1. Agentes químicos reductores capilares

Los agentes reductores son denominados relajantes del cabello, ya que tienen como función principal su ablandamiento o debilitamiento por medio de la desnaturalización de la queratina, rompiendo los enlaces disulfuro de la estructura secundaria de dicha proteína.

Durante varios años, se han utilizado con éxito, como agentes reductores de las fibras queratinosas, a las familias de agentes reductores que incluyen a los ácidos mercaptocarboxílicos, sus sales y ésteres; destacando el ácido tioglicólico y el ácido tioláctico. Pero, debido a que estos compuestos provocan irritación al cuero cabelludo, daño al cabello posterior al tratamiento y un olor desagradable, se fueron descartando en las formulaciones.

Debido a los efectos secundarios de los tioglicolatos, en los últimos años se han buscado nuevos compuestos que tengan la capacidad de reducir los

enlaces disulfuro y se han hecho estudios sobre la cisteína, la guanidina, los ácidos sulfurosos y sus respectivas sales, como sulfito/bisulfito de amonio, sodio y potasio. El porcentaje de los agentes reductores oscila entre 0,50 – 10,00 %, dependiendo de la forma cosmética en que sean añadidos en la formulación.

#### **2.12.1.1. Sulfito de sodio**

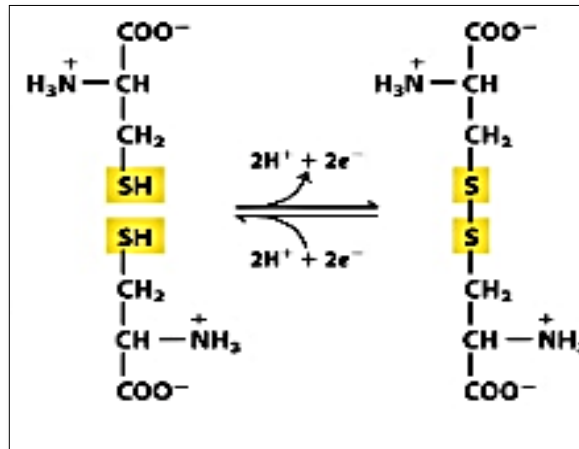
Su fórmula es  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  y su peso molecular 126,06 g/mol, es una sal formada por la reacción del ácido sulfuroso con hidróxido de sodio. Es soluble en agua, originando una reacción ligeramente básica. Sus disoluciones acuosas son inestables en presencia de oxígeno, por lo que puede oxidarse y transformarse en sulfato.

Tiene múltiples funciones en la industria química, actuando como punto de partida para diversas reacciones de descomposición, como agente reductor, como antioxidante en la industria cosmética y como conservante en la industria de alimentos.

El sulfito de sodio, como ingrediente activo (agente reductor) de las fibras queratinosas del cabello, no tiene un olor desagradable y cumple con la misma función de los tioglicolatos que provocan una reacción de reducción al ionizarse por completo y separar los enlaces disulfuro de la queratina.

La reacción entre los sulfitos y los enlaces disulfuro es de óxido- reducción y no es sencilla, ya que existe una reversibilidad, porque es un proceso en medio básico y el sulfito de sodio es altamente sensible al pH del medio en el que reacciona.

Figura 2. **Formación de puentes disulfuro a partir de cisteína**

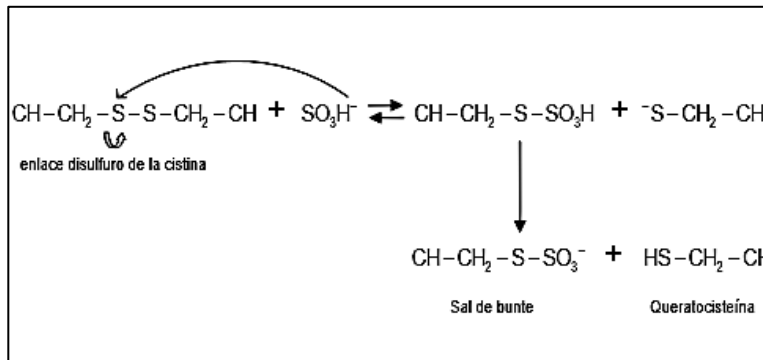


Fuente: WILKINSON, J.; MOORE, R. *Cosmetología* de Harry. p. 45.

El sulfito de sodio es inestable en medios ácidos, por lo que las soluciones o emulsiones que lo contengan deben tener un pH que oscile entre 6 y 7, o un grado más alcalino, ya que los grupos sulfhídrico de la cistina se ionizan a un pH alto.

A pesar de que los grupos sulfito como agentes reductores son eficaces para su propósito, no están totalmente exentos de efectos secundarios que deben cuidarse para aplicar un tratamiento capilar, ya que al reducirse los enlaces disulfuro, además de obtener los grupos sulfhidrilo (-SH) reducidos (queratocisteína), se obtiene un producto paralelo de la reacción de oxidación que es la denominada sal de bunte característica por tener el ion tiosulfito (-SSO<sub>3</sub><sup>-</sup>).

Figura 3. **Reacción entre un enlace disulfuro y el ion sulfito**



Fuente: WILKINSON, J.; MOORE, R. *Cosmetología* de Harry. p. 45.

El cabello que contenga como residuo sal de bunte puede complicar el proceso de neutralización que posteriormente se detallará, ya que el ion tiosulfito es resistente a la oxidación. Por lo tanto, si no se logran regenerar todos los enlaces disulfuro posterior al tratamiento alisador, las fibras del cabello pueden quedar un poco frágiles, con estructura debilitada o con pérdida de brillo.

Para evitar las reacciones de sal de bunte en el proceso de alisado, deben analizarse adecuadamente las propiedades del cabello en el que será aplicado el producto, para determinar el tiempo exacto y óptimo de exposición del producto en la persona. De esta manera se disminuye significativamente la formación de este subproducto de la reacción de reducción.

Otra solución efectiva para eliminar por completo el efecto secundario de la formación de la sal de bunte es la aplicación de un denominado agente de hinchamiento, para que los poros de la cutícula se abran al máximo y la

reacción sea completa y no parcial, y se obtenga como único producto de la reacción de reducción la querocisteína.

El sulfito de sodio se comercializa actualmente en forma de un polvo fino blanco y en Guatemala es de fácil adquisición con distribuidores de productos químicos para cosméticos y otras aplicaciones industriales, por lo que no existen limitantes para trabajar con este compuesto en el tratamiento alisador del cabello.

### **2.12.2. Agentes químicos capilares de efecto hinchante**

Los agentes químicos denominados de hinchamiento son compuestos químicos que provocan, como la desnaturalización de la proteína queratina, pero de una forma paralela, alterando las otras interacciones presentes en el cabello.

Estos agentes, por ser en su mayoría compuestos orgánicos, rompen los puentes de hidrógeno y las uniones salinas del cabello por medio de interacciones no covalentes con la queratina; con lo cual le dan soporte a la ruptura de los enlaces disulfuro realizado por el sulfito de sodio. (Wade 2004)

Entre los compuestos más comunes usados como agentes de efecto hinchante o inflador están el imidazol, el clorhidrato de guanidina, la urea y sus derivados como tiurea, formamida, bromuro de litio, sulfóxido y sulfona.

Otra de sus funciones principales es ensanchar la estructura capilar, y así permitir que los productos químicos activos (agente reductor) penetren rápidamente en el interior del cabello.

### 2.12.3. Urea

Es un compuesto orgánico denominado diamida de ácido carbónico con fórmula  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  con un peso molecular de 60,06 g/mol. Comercialmente se encuentra como un sólido cristalino, blanco e inodoro.

Es una sustancia de desecho producida en el organismo humano, pero no es solo un componente fundamental de la orina, sino también de los cosméticos, por muy raro que parezca. Tiene múltiples aplicaciones industriales, entre las que figuran como fertilizante de plantas, fertilizantes foliares, en la industria de plásticos como componente de adhesivos y metales; como suplemento alimenticio para ganados y producción de resinas.

Se descompone con facilidad en dióxido de carbono y en amoníaco, por lo que este último le confiere a la urea un poder desinfectante y alcalinizante con altas propiedades para ser utilizada en el mejoramiento de la solubilización de las proteínas.

Ya que el cabello está constituido en su mayoría por cadenas laterales de aminoácidos, estas tienen un efecto grande y variante en las propiedades de la queratina. Si los enlaces disulfuro se rompen, el cabello se debilita pero no se destruye mientras queden intactos los demás enlaces que lo conforman. Pero, si las rupturas son simultáneas, el cabello sí sufre transformaciones drásticas.

La mayor parte de la solidez mecánica del cabello está en los puentes de hidrógeno, sin embargo, estos siempre contienen aproximadamente 9,0 % de agua absorbida del aire.

El grupo carbonilo de la urea actúa como aceptor de electrones y el grupo amida como donador. Al realizarse la reacción de intercambio de electrones entre la urea y los enlaces del cabello, esta es capaz de romper los puentes de hidrógeno y las uniones salinas presentes en la queratina, porque se da un aumento de la fuerza iónica del medio y provoca una disminución en el grado de hidratación de los grupos iónicos superficiales de la proteína y las cargas de la urea compiten por las moléculas de agua.

Debido a estas reacciones, la urea cumple la función de agente hinchante para completar la acción de estiramiento, reduciendo así el tiempo de contacto lo máximo posible en un medio altamente alcalino, rompiendo los enlaces de hidrógeno y debilitando los enlaces hidrófobos, penetrando fácilmente en la queratina y alterando la red de interacciones electrostáticas.

El porcentaje usual de los agentes de hinchamiento oscila entre 1,00 – 15,00 %, dependiendo de la forma cosmética en que sea añadido el activo a la formulación.

En el mercado guatemalteco, la urea se comercializa de forma sintetizada, por lo que cuenta con diferentes niveles de calidad para las distintas aplicaciones industriales.

Los principales niveles son: QP (químicamente puro), USP (United States Pharmacopea), calidad para fertilizantes y calidad para piensos. Para el tratamiento alisador del cabello la calidad de urea a utilizar es USP, ya que este tipo de urea es de grado farmacéutico, por lo cual es adecuado para aplicar sobre la piel y cuero cabelludo sin grandes índices de irritación.

#### **2.12.4. Reoxidación o neutralización de fibras capilares**

Los agentes neutralizantes son los encargados de restablecer los enlaces disulfuro en la estructura secundaria de la queratina que fueron separados durante el proceso de reducción. Regularmente son agentes oxidantes como peróxido de hidrógeno o los bromatos.

Estos agentes hacen referencia a todo tipo de tratamiento de oxidación, de acidulación o cualquier otro método por medio del cual se neutralice la acción del agente reductor sobre el cabello. La preparación que contiene los agentes de neutralización debe aplicarse después de haber hecho la nueva configuración de los enlaces del cabello para fijar dicha estructura y fortalecer nuevamente las fibras capilares.

A pesar de que los agentes neutralizantes son utilizados en algunos procesos para oxidar nuevamente los enlaces del cabello, actualmente existen formulaciones que no utilizan este tipo de tratamientos y dependen de la oxidación aérea para fijar nuevamente la estructura de la queratina del cabello.

Si se utiliza un tratamiento neutralizador, debe tener un pH relativamente ácido, de 3,00 a 4,00 aproximadamente para que le aporte nuevamente brillo, vida, sedosidad y fuerza al cabello con el nuevo estilo aplicado.

Debido a que los enlaces disulfuro pueden restablecerse en esta etapa del proceso de alisado, la duración del moldeo del cabello no es óptima y se reduce la resistencia de las fibras capilares, convirtiéndose así en un proceso semipermanente.



Después de aplicado el tratamiento, se necesita tener un cuidado especial con el cabello, ya que este normalmente crece pocos centímetros diarios, por lo tanto el cabello nuevo no está modificado como el actual y por ello va cambiando la apariencia y estructura de las nuevas fibras capilares.

### **2.13. Cosméticos**

Se define un cosmético como cualquier sustancia, preparado o tratamiento aplicado a la persona con un fin específico, ya sea de limpieza, para alterar el aspecto, aumentar el atractivo físico, entre otros. Por lo tanto, incluye cremas, geles, polvos, lociones, maquillaje o agentes colorantes para el rostro.

Las distintas clases de cosméticos se pueden agrupar en tres clases principales:

- **Productos dermatológicos:** se refiere a todos los preparados utilizados para acondicionamiento o embellecimiento de la piel; los más comunes son: cremas, lociones, mascarillas, polvos, maquillaje, jabones, desodorantes y depilatorios.
- **Productos capilares:** se refiere a todos los preparados utilizados para el embellecimiento, limpieza, revitalización o remodelación del cabello; los más comunes son: champús, tratamientos, mascarillas, acondicionadores, terapias nutritivas, humectantes, cremas para peinar y bálsamos alisadores.
- **Productos para las uñas:** hacen énfasis a los preparados utilizados para el cuidado y belleza de las uñas de las manos y pies. Los productos más comunes son: quita cutículas, ablandadores de cutícula, limpia uñas,

crema de uñas, endurecedores, blanco de uñas, pulidores, barnices y quita esmaltes.

Todas las formulaciones cosméticas deben cumplir con características generales:

- Respetar la integridad de la piel o área del cuerpo donde es aplicada.
- Mantener su pH fisiológico o permitir un retorno rápido a su normalidad.
- Tener una textura agradable.
- Ser de fácil utilización.
- Ser bien tolerada y de una perfecta inocuidad toxicológica y microbiana para quien la utilice.

Las evaluaciones técnicas que deben realizarse en todo producto cosmético para aprobar su distribución son:

- Análisis organolépticos: se refiere a que el producto tenga el olor, color, sabor, apariencia, forma y estado indicado en las especificaciones del mismo.
- Análisis fisicoquímicos: se refiere a las características que le proporcionan integridad física y química al producto y permiten establecer parámetros de calidad. Las principales son: pH, viscosidad y densidad.
- Análisis microbiológicos: deben efectuarse a todos los productos cosméticos, excepto a los que no sean susceptibles a la contaminación microbiológica por la propia naturaleza del cosmético (por ejemplo,

peróxidos, perfumes con alto contenido de alcohol, productos oleosos y productos con base de cera).

**Tabla IV. Especificación de límites microbianos (expresados en unidades formadoras de colonias por gramo)**

Producto	Determinación	Especificación
Para bebé	Recuento total de mesófilo aerobios	$\leq 10^2$
	Recuento total de mohos y levaduras	$\leq 10^2$
Para el contorno de los ojos	Recuento total de mesófilo aerobios	No más de $5 \times 10^2$
	Recuento total de mohos y levaduras	$\leq 10^2$
Todos los demás	Recuento total de mesófilo aerobios	$\leq 10^3$
	Recuento total de mohos y levaduras	$\leq 10^2$

Fuente: Reglamento Técnico Centroamericano, RTCA 71-03-45:07, 2008. p. 74.

**Tabla V. Especificaciones de microorganismos patógenos para todos los productos cosméticos**

Microorganismo	Especificación
<i>Staphylococcus aureus</i>	Ausencia
<i>Escherichia coli</i>	Ausencia
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Ausencia

Fuente: Reglamento Técnico Centroamericano, RTCA 71.03.45:07, 2008. p. 7.

### 2.13.1. Formas cosméticas

Los productos cosméticos pertenecen a una categoría muy amplia, donde cada clasificación cuenta con una serie de características físicas y químicas que

deben respetarse y asegurarse por medio del control de calidad cuando se manufactura el producto.

Las formas cosméticas más utilizadas son:

- Soluciones: son sistemas homogéneos monofásicos líquidos de dos o más sustancias. Estos sistemas funcionan bajo los denominados solutos y solventes. Los solutos son las sustancias que se disuelven en el solvente y están presentes generalmente en una pequeña cantidad comparada con el segundo componente. En esta categoría destacan los champús, acondicionadores, lociones y algunos aereosoles.
  
- Geles: son preparados semisólidos monofásicos con un nivel alto de viscosidad; se diferencian de los sólidos y los líquidos por su rigidez elástica. Entre las propiedades características de los geles están:
  - Carácter blando
  - Fácilmente deformables
  - No derramables
  - Generalmente transparentes
  
- Suspensiones: son sistemas heterogéneos generalmente bifásicos. Pueden ser una mezcla sólido-gas, sólido-líquido o gas-líquido. Funcionan básicamente cuando pequeñas partículas no solubles o polvo, denominados solutos o fase dispersa, se disuelven en un medio líquido o gaseoso, conocida como fase dispersora. Las características principales de las suspensiones son:

- Las partículas de la fase dispersa son mayores que en las disoluciones por lo que se considera fácil distinguirlas.
  - El reposo durante un tiempo suficiente provoca la sedimentación de las partículas por acción de la gravedad.
  - La separación de sus componentes puede ser por medio de una filtración con un poro suficientemente pequeño para atrapar las partículas.
- Polvos: son los sólidos orgánicos e inorgánicos reducidos a partículas minúsculas por medio de métodos de compresión utilizados para embellecer o proteger la piel. Las características principales que tienen los cosméticos en forma de polvo son: las partículas tienen una gran fuerza de aglomeración porque están en contacto muy íntimo.

La probabilidad de unión de una pequeña partícula a otra más grande es mayor que la unión a una partícula del mismo tamaño. En esta categoría destacan los talcos, pigmentos, polvos compactos y algunos maquillajes faciales.

- Emulsiones: es un sistema de dos fases que consta de dos líquidos parcialmente miscibles. Uno de estos generalmente es el agua o una disolución acuosa, mientras el otro es un aceite o algún otro componente no miscible con el agua. Es un sistema termodinámicamente inestable, por lo que requiere energía para su formación y la presencia de un tercer componente para su estabilidad.

Se le denomina fase dispersa, continua o interna al líquido que se desintegra en forma de glóbulos sobre el otro; y fase dispersante, discontinua o externa al líquido circundante.

Existen dos posibles tipos de emulsiones simples según el líquido que actúe como medio dispersante. El primer tipo es llamado emulsión de aceite en agua (O/W - oleoacuosas) ya que tiene el aceite como fase dispersa en el agua y el segundo son llamadas emulsión de agua en aceite (W/O – hidrooleosas) en la cual el agua es la fase dispersa y el aceite la fase externa.

Las emulsiones tienen fines específicos, por lo que sus propiedades más importantes deben tener buen aspecto y funcionalidad para cumplir con los requerimientos del consumidor. Las principales son: solubilidad, viscosidad, color, estabilidad, pH y facilidad de formación.

Estableciendo el tipo de emulsión, las propiedades mencionadas se pueden lograr dependiendo de varios factores:

- Propiedades de la fase externa
- Tamaño de la partícula de la emulsión
- Relación entre la fase externa y las partículas
- Propiedades de la fase dispersa

La solubilidad de una emulsión la establece la fase dispersa, ya que si esta es hidrosoluble, la emulsión puede ser fácilmente disuelta con agua y si la fase interna es oleosoluble la emulsión puede ser diluida en aceite.

La viscosidad es la propiedad que caracteriza la resistencia de un fluido a desplazarse y es de importancia en las emulsiones de uso cosmético y farmacéutico, porque influye directamente sobre la estabilidad y la aceptabilidad estética del producto final.

Una alta viscosidad reduce el movimiento de las partículas de la fase dispersa evitando la coalescencia, es decir que se junten, proporcionando una mejor estructura definida a la emulsión. Esto se logra utilizando en la formulación agentes con capacidad reológica y estética.

El pH de una emulsión también es de importancia considerable dependiendo de la aplicación que tenga el producto cosmético en el consumidor y de las funciones principales que debe cumplir, ya que deben permitir el mantenimiento de las funciones de la epidermis de la piel o cuero cabelludo.

De las propiedades mencionadas, la estabilidad es quizá la más importante ya que el hecho de prevenir que este sistema termodinámico inestable se separe en capas o fases nuevamente es uno de los mayores retos de todo producto cosmético.

Para lograr una buena estabilidad se pueden hacer las siguientes variaciones en el proceso de manufactura:

- Aumentar la viscosidad de la fase externa.
- Asegurar que la fase interna es del tamaño de una gota lo más pequeña y uniforme posible.
- Disminuir la tensión superficial.

Estas variaciones se logran con la creación de una barrera física en la interfase de la emulsión que no solo reduzca las probabilidades de su ruptura, sino que evite el contacto entre las gotas de la fase dispersa y así se disminuya la tensión superficial interfacial.

La creación de esta barrera física se obtiene por medio de una sustancia que sea capaz de estabilizar una emulsión en una interfase aceite-agua, teniendo cierto grado de afinidad en ambas fases moderadamente, llamada agente emulsificante o agente emulsionante.

### **2.13.2. Ingredientes cosméticos**

En la fabricación de productos cosméticos se utilizan una gran diversidad de materias primas orgánicas e inorgánicas. De las primeras se han utilizado de origen vegetal y animal, estando entre las más comunes: aceites, grasas, ceras; hidrocarburos líquidos, semisólidos y sólidos; agentes tenso activos, ácidos y alcoholes.

- Agua: de todas las materias primas utilizadas en la formulación y fabricación de cosméticos, el agua es con seguridad la más ampliamente usada, es el disolvente universal. Es muy reactiva por lo que participa en cuatro tipos de reacciones químicas: oxidación, reducción, condensación e hidrólisis. Debe evaluarse la pureza del agua con la que se van a fabricar los cosméticos ya que pueden afectar las características finales del producto. En el campo de las emulsiones y disoluciones acuosas deben evaluarse previamente los siguientes aspectos del agua:
- Concentración de iones orgánicos: la presencia de estos iones, como magnesio y zinc, pueden provocar la separación de las emulsiones porque interfieren en el equilibrio de cargas estáticas responsables del correcto funcionamiento de algunos tenso activos presentes en la formulación y pueden afectar en la viscosidad de la crema o solución fabricada.



- Presencia de microorganismos: no debe permitirse la existencia de microorganismos de ningún tipo porque afectan la calidad del agua, ocasionando la inutilización del producto cosmético con olores desagradables, colonias visibles de bacterias, mohos y levaduras. Por último, nuevamente en el campo de emulsiones, la presencia de estos microorganismos ocasionan la separación del producto, sumado al daño potencial para el consumidor.
  
- Tensoactivos: son llamados también surfactantes. Son sustancias que influyen por medio de la tensión superficial en la superficie de contacto entre dos fases. Los agentes tensoactivos tienen un amplio uso cosmético. Su uso principal es como factores de detergencia; un proceso complejo que implica la humectación de un sustrato (cabello), la eliminación de materia de suciedad grasienta, la emulsificación de la grasa eliminada y la estabilización de la emulsión. Poseen cadenas hidrocarbonadas no polares solubles en grasas y un extremo polar soluble en agua. Los tensoactivos también poseen otra serie de características que les permiten actuar como humectantes, espumantes, emulsificantes, solubilizantes y modificadores de superficie. Según la carga de la molécula los tensoactivos pueden ser:
  - Aniónicos: tienen carga negativa en solución acuosa. Son los más utilizados como bases de champú por sus excelentes propiedades de formación de espuma y bajo costo. Dentro de este grupo destacan los alquil sulfato, alquil éter sulfato, gliceril éter sulfonatos grasos y acil lactilatos.
  
  - Catiónicos: tienen carga positiva en solución acuosa. Hace algunos años eran los ideales para champús por su alto poder de

limpieza y excelente formación de espuma, además de darle suavidad, facilidad de peinado, forma y brillo al cabello. Pero, por tener dos desventajas importantes su uso en la formulación de jabones ha disminuido, ya que tienen características nocivas para la córnea del ojo y disminuyen el peso del cabello. Actualmente, para no discontinuar por completo su uso, se mezclan con tensoactivos no iónicos o anfóteros y así disminuyen los riesgos de irritación. Dentro de este grupo destacan las sales de alquil trimetilamonio, estearil dimetilbencil amonio y las sales de amonio cuaternario con cadenas dobles de grasa.

- No Iónicos: no se disocian en el agua, porque carecen de carga y alteran muy poco la función barrera cutánea. Tienen suficiente actividad limpiadora para ser utilizados en champús pero tienen poco poder espumante, por lo que se utilizan como tensoactivos auxiliares como suavizantes. Dentro de este grupo destacan las alcanolamidas de ácido graso, derivados polialcoxilados, alcoholes grasos etoxilados y alquifenoles etoxilados.
- Anfóteros: son sustancias que, dependiendo del pH del medio se comportan como aniónicos o catiónicos. En un medio ácido se comportan como catiónicos y en un medio básico como aniónicos. Son muy utilizados en los champús suaves y aportan acondicionamiento al cabello. Dentro de este grupo destacan aminoácidos n-sustituidos de cadena larga, betaínas de cadena larga y derivados de imidazolina de cadena larga.
- Agentes acondicionadores: la función principal de estos componentes es aportar manejabilidad, tacto, brillo y sedosidad al cabello. Las sustancias

universalmente utilizadas para obtener estas características en el cabello son los polyquaterniums y quaterniums. Son polímeros policationicos que indican la presencia de amonio cuaternario y poseen estructuras químicas diferentes cumpliendo con la misma función. No se debe exceder en la cantidad de agentes acondicionadores en las fórmulas cosméticas ya que pueden provocar acumulación de grasa en el cuero cabelludo, resequedad y caída del cabello.

- Agentes secuestrantes: la función principal de estos compuestos es evitar la formación y acumulación de iones de calcio y magnesio sobre el cabello que generalmente dependen de la calidad del agua, porque si se utiliza agua dura para hacer un champú los agentes secuestrantes disminuyen este efecto. Los más utilizados son las sales de etilendiaminotetra-acético (EDTA).
- Conservantes: son sustancias utilizadas como aditivos en cosméticos ya que minimizan el deterioro del producto por la presencia de diferentes tipos de microorganismos como bacterias, mohos, levaduras, entre otros. El pH de los productos cosméticos varía de 3,00 a 7,00 y la base de las formulaciones es el agua, por lo tanto se crea un medio adecuado para la proliferación de microbios. Se necesita de una pequeña cantidad de los conservantes para que cumplan con su objetivo. La actividad de los conservantes puede variar frente a los distintos microorganismos, por lo que se encuentran productos activos frente a bacterias, otros frente a hongos y levaduras, y por último, los que se consideran de amplio espectro que son activos frente a bacterias, hongos y levaduras.

- Emolientes: su función principal es brindar suavidad y protección a la piel y cuero cabelludo. Ablandan los tejidos de la piel para darle al consumidor una sensación agradable y diferente.
- Aditivos reconstructores del cabello: la función principal de estos productos es aportar nutrientes al cabello para reparar el daño que ha sufrido por tratamientos térmicos o químicos. Uno de los más efectivos en la actualidad es la queratina hidrolizada ya que aporta propiedades al cabello que este naturalmente contiene.
- Controladores de humedad: su función principal es fortalecer y nutrir la fibra capilar controlando el contenido de humedad para disminuir la fragilidad del cabello y aportarle buena flexibilidad.
- Formadores de película: son componentes con la finalidad de formar una capa protectora en el cabello y así aportarle características de fijación, maleabilidad y sustentividad al mismo.
- Materias grasas: pueden ser ácidos grasos saturados, insaturados, etoxilados, alcoholes grasos obtenidos algunos de la reducción de los ácidos grasos, ésteres, entre otros. Se clasifican según sus propiedades principales; algunos grupos actúan como factores de consistencia para dar estructuración y estabilización a las emulsiones. Otras grasas son aplicadas como emolientes en los cosméticos porque mejoran el aspecto de la piel y cuero cabelludo evitando la irritación. En este estudio, se utilizan las materias grasas como un factor de consistencia para la emulsión del tratamiento capilar alisador. Los más utilizados en la industria son: alcohol cetílico, alcohol estearílico y ácido esteárico.

- Emulgente o emulsionante: se les denomina así a las sustancias encargadas de facilitar y estabilizar el proceso de emulsión de los ingredientes de una formulación O/W o W/O.

El método consiste en asignar un número HLB a los emulgentes y determina el tipo de emulsión que tiende a producir. Este número representa el porcentaje en peso de la porción hidrofílica de la molécula no iónica aplicado con un factor de 1/5 para llevarlo a la escala de 0-20 utilizada universalmente definida por Griffin.

A los emulgentes relativamente más lipófilos se les asigna un HLB bajo y a los relativamente más hidrófilos uno más alto, teniendo una molécula completamente hidrófila un valor de 20 en la escala y una completamente lipófila un valor de 0.

El valor de HLB está directamente relacionado con la solubilidad del emulgente, lo que significa que las moléculas con un bajo HLB son altamente solubles en solventes apolares y las que tienen un valor alto en la escala de HLB son altamente solubles en solventes polares.

Para formar una emulsión O/W se utiliza un emulgente que sea soluble en agua es decir con un HLB alto y para formar una emulsión W/O un emulgente con un HLB bajo.

El HLB no determina la eficiencia del emulsificante, únicamente los clasifica según su estructura química por medio de la cual se relaciona con la estructura química de lo que se quiere emulsificar.

Tabla VI. **Escala de HLB relacionado a sus aplicaciones**

<b>Aplicación</b>	<b>Intervalo HLB</b>
Emulsiones W/O	3-6
Humectantes	7-9
Emulsiones O/W	8-18
Detergentes	13-15
Solubilizantes	15-18

Fuente: MARTÍNEZ, E. *Química 2*. p. 87.

#### **2.14. Formulaciones cosméticas**

La fórmula química de un producto cosmético es la representación de los elementos o compuestos que lo integran y la proporción en que éstos se encuentran presentes. Plantear una formulación cosmética requiere de mucho cuidado y atención porque deben establecerse los porcentajes adecuados de los ingredientes que se incluyen en la fórmula, así como evaluar previamente el procedimiento de incorporación de los mismos en el proceso de manufactura para descartar cualquier posibilidad de incompatibilidad en la mezcla.

Una fórmula cosmética generalmente puede clasificarse en cuatro áreas principales:

- **Ingredientes disolventes o vehículos:** en esta categoría se incluyen el o los solventes principales de la fórmula, donde se van a disolver el resto de los componentes. La mayoría de las formulaciones cosméticas tiene un solvente y por excelencia es el agua, pero existen excepciones, como los productos a base de aceite.

- **Ingredientes de consistencia:** en esta categoría se incluyen los elementos que en el momento de mezcla o posterior a ella, le brindan al producto la consistencia deseada y más adecuada para su distribución.
- **Ingredientes de valor agregado:** en esta categoría se incluyen los ingredientes cosméticos que no son esenciales para la funcionalidad de la fórmula pero le aportan un valor agregado, dándole al producto características únicas, competitivas y de buen gusto para el consumidor.
- **Ingredientes activos:** en esta categoría se encuentran los compuestos que tienen como función principal cumplir con la promesa del producto, es decir, los ingredientes a los que se les atribuyen actividades con propiedades específicas para corregir, tratar, fortalecer o embellecer la piel, cabello y uñas.

## **2.15. Controles básicos en la fabricación de cosméticos**

La limpieza y control durante la fabricación de los productos cosméticos es de suma importancia para que el producto final cumpla con las especificaciones determinadas y sea de óptimo uso para el consumidor final. Dentro de una planta de manufactura de productos de cuidado personal deben cumplirse una serie de requerimientos esenciales para operar correctamente:

- Control de puntos críticos de proceso
- Desarrollo de un programa eficaz de limpieza y esterilización
- Mantenimiento de áreas operativas limpias
- Atención especial y crítica a la higiene personal del nivel operativo
- Continuo control del sistema de agua
- Especificaciones críticas microbiológicas para materias primas

- Control de puntos críticos de proceso.

En el campo cosmético, el fin principal del control es evitar la contaminación microbiológica porque puede producir deterioro del producto y cambiar de color, olor, consistencia o manifestar crecimiento visible. Las principales fuentes de contaminación que pueden existir en una planta de fabricación son:

- Materias primas
- Áreas de almacenamiento
- Instalaciones de la planta
- Suelos y paredes
- Equipo
- Proceso de fabricación
- Fuentes desconocidas de fabricación

Existe actualmente una *Guía de verificación de buenas prácticas de manufactura para una empresa de cosméticos* que contiene todos los requerimientos solicitados para la producción confiable de productos. Además, todas las empresas en Guatemala son auditadas por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social para cumplir con esta norma estricta y obligatoria.



### **3. DISEÑO METODOLÓGICO**

#### **3.1. Variables**

A continuación se explicarán los tipos de variables.

##### **3.1.1. Variables independientes**

- Porcentaje en peso del sulfito de sodio, aminoácidos de trigo, queratina hidrolizada y urea.
- Calidad de las materias primas a incorporar en la formulación.
- Temperatura de la emulsión.
- Velocidad de agitación.
- Tiempo de agitación.
- Tamaño de las partículas.

##### **3.1.2. Variables dependientes**

- pH
- Viscosidad
- Densidad
- Rendimiento
- Propiedades organolépticas

## **3.2. Definición de variables de investigación**

A continuación se explican las variables de investigación.

### **3.2.1. Variables independientes**

- Porcentaje en peso del sulfito de sodio, aminoácidos de trigo, queratina hidrolizada y urea.
  - Conceptual: expresión cuantitativa de la concentración de un soluto en una disolución dada expresada en porcentaje.
  - Operacional: es la cantidad medida en gramos de sulfito de sodio y urea respecto a la cantidad total de la fórmula del tratamiento capilar alisador.
- Calidad de las materias primas a incorporar en la formulación.
  - Conceptual: conjunto de parámetros específicos que deben cumplir las materias primas utilizadas para la formulación de un producto cosmético.
  - Operacional: especificaciones con las que deben cumplir los tensoactivos, emulgentes, agentes acondicionadores, materias grasas, conservantes, entre otros, para obtener un producto óptimo y de alta calidad, libre de microorganismos patógenos. Estas propiedades se identificaron en las fichas técnicas y certificados de calidad de cada materia prima.

- Temperatura de emulsión
  - Conceptual: magnitud escalar variable relacionada con la energía interna de un sistema termodinámico.
  - Operacional: es la temperatura que debe mantener una emulsión para lograr la adecuada estabilidad y solubilidad de los componentes que la conforman. En formulaciones cosméticas, la temperatura aproximada a la que regularmente se realiza es 80 °C, variando según el tipo de emulsión que se desee. Esta propiedad se midió con un termómetro.
  
- Velocidad de agitación de la emulsión
  - Conceptual: variable que determina la rapidez con la que se forma o desintegra una forma cosmética.
  - Operacional: es la velocidad a la que debe someterse la mezcla de ingredientes cosméticos para lograr la estabilidad de la emulsión, ya que si esta es muy lenta no se logrará la formación correcta de la interfase. Tiene una importancia paralela a la temperatura. Esta magnitud se midió en revoluciones por minuto indicadas en el variador de la mezcla.

### 3.2.2. Variables dependientes

- pH del tratamiento capilar alisador
  - Conceptual: es la medida de acidez o alcalinidad de una solución. Indica la concentración de iones hidronio presentes en una sustancia.
  - Operacional: el pH del tratamiento capilar alisador debe ser ligeramente alcalino para que cumpla con la función de desnaturalización de las proteínas del cabello, pero no debe ser mayor a 8,5 porque medios sumamente alcalinos destruyen irreparablemente la fibra capilar. Se midió por medio de un potenciómetro.
  
- Viscosidad del tratamiento capilar alisador
  - Conceptual: propiedad de los líquidos caracterizada por su resistencia a fluir. Cuanto mayor sea la viscosidad de una sustancia más lentamente fluye. Puede ser expresa en Pa/s o en Stokes.
  - Operacional: la viscosidad del tratamiento capilar alisador debe ubicarse dentro de los rangos establecidos de 1 000 – 7 000 cP, para que pueda ser de fácil aplicación en el cabello y así sean mejor absorbidos los componentes de la formulación. La medición fue efectuada con un viscosímetro.

- Unidades formadoras de colonias de microorganismos
  - Conceptual: método de crecimiento de poblaciones microbianas. Son expresadas como unidades formadoras de colonias por mililitro o por gramo.
  - Operacional: los límites microbianos en unidades formadoras de colonias por mililitro están establecidos por el Reglamento Técnico Centroamericano para productos cosméticos, los cuales indican que estos deben estar libres de microorganismos patógenos. Las unidades formadoras de colonias se obtuvieron por conteo manual en agares especiales para cada microorganismo.
  
- Rendimiento del tratamiento capilar alisador
  - Conceptual: relación entre la cantidad obtenida como producto y la cantidad utilizada como materia prima.
  - Operacional: el rendimiento de un producto indica la eficiencia de producción y aprovechamiento de materias primas. Relaciona el rendimiento teórico con el real y es expresado en forma de porcentaje. Indica la cantidad final de tratamiento capilar obtenido respecto a las cantidades utilizadas de principios activos y demás componentes.
  
- Propiedades organolépticas del tratamiento capilar alisador
  - Conceptual: conjunto de características o atributos que pueden ser captadas a través de los sentidos de la vista, olfato, oído, gusto y

tacto, que permiten elaborar un juicio acerca de la idoneidad de un producto.

- Operacional: es un sistema de propiedades como color, olor, textura, apariencia, entre otros. que determinan el estado del tratamiento capilar alisador y de sus productos complementarios. Estas características fueron medidas con los sentidos de la vista, tacto y olfato de la persona encargada de la manufactura en el laboratorio.

### **3.3. Delimitación de campo de estudio**

La etapa de investigación y desarrollo de este estudio se trabajó a escala laboratorio, basándose en el objetivo de la formulación de un tratamiento capilar alisador a base de sulfito de sodio, queratina hidrolizada, aminoácidos de trigo y urea. Al momento de establecer la fórmula eficaz y eficiente, se evaluó como proyecto posible a lanzar al mercado cosmetológico, para lo cual se requirió del uso de equipo industrial, como marmitas de calentamiento con chaqueta de enfriamiento, motores de agitación y tolvas de llenado a nivel industrial, para fabricar este producto en grandes cantidades para los consumidores.

Durante el sondeo y evaluación de efectividad del producto terminado se solicitó el apoyo de 5 modelos, quienes ofrecieron su cabello a la investigación. Se realizaron ensayos previos en cabello natural sin vida, se evaluó totalmente el desempeño en diferentes tipos de cabello, para evitar subjetividad en los resultados.

Se procedió a limitar el número de ensayos a 2 fórmulas cuantitativas a diferentes porcentajes de activos por cada etapa, siendo estos un porcentaje mínimo de acción y un porcentaje máximo de efecto.

### **3.4. Recursos humanos disponibles**

En el desarrollo del presente proyecto se involucró el personal de distintos departamentos de la Corporación Lancasco, S. A. de la división Scentia Perfumería, estos fueron:

- Jefe del Departamento de Investigación & Desarrollo
- Auxiliar de Investigación & Desarrollo
- Técnico del área (Investigación & Desarrollo)
- 5 modelos de cabello
- Asesor de tesis
- 3 mercadólogas (Departamento Mercadeo)

### **3.5. Recursos materiales disponibles**

A continuación se explican los recursos materiales disponibles.

#### **3.5.1. Equipo**

- Agitador de 3 000 rpm
- Balanza analítica
- Viscosímetro
- Potenciómetro
- Licuadora
- Centrífuga

- Incubadora
- Refrigerador
- Estufa
- Agitador ultrasónico Branson
- Estereoscopio
- Medidor de punto de fusión (Capillary Melting Point Apparatus)
- Agitador tomas
- Termómetro digital
- Microscopio

### **3.5.2. Cristalería**

- *Beackers* de 50 mL
- *Beackers* de 1 000 mL
- Probeta de 25 mL
- Probeta de 100 mL
- Picnómetro de 10 mL
- Balones de fondo redondo de 1 000 mL
- Espátulas
- Vidrios de reloj

### **3.5.3. Materias primas**

- Principales
  - Sulfito de sodio
  - Urea
  - Queratina hidrolizada
  - Aminoácidos de trigo



- Etapa 1
  - Agua desmineralizada
  - Guar hidroxipropil cloruro de trimonio
  - Hidroxietilcelulosa
  - Ácido cítrico
  - Lauril éter sulfato de sodio
  - Lauril sulfato de sodio (y) cocamidopropilbetaína (y) cocoglucósido
  - Lauril glucósido
  - Coco glucósido gliceril oleato
  - PEG-150 diesterato
  - Isoestearil alcohol (y) butilenglicol cocoato (y) etilcelulosa.
  - Metilcloroisotiazolinona (y) metilizolinona
  - Cocamidopropilbetaína
  - Cocamida DEA
  - Óxido de amina
  - Complejo oleoso
  - Extracto de tamarindo
  - Cloruro de centrimonio/etanol/C19-C17 isoalcohol
  - Borosilicato/dióxido de titanio
  
- Etapa 2
  - Carbomero-21
  - Acido esteárico
  - Alcohol estearílico
  - Cetearth-12
  - Cetearth-20
  - Behenamido propiltrimonio
  - Mantequilla de butirospermo
  - D-Pantenol

- Glicerina
  - Octilpalmitato
  - Triglicérido caprico caprilico
  - Miristato de isopropilo
  - PPG-3 benzyl éter miristato
  - Metileno bis-benzotriazolil tetrametilbutilfenol
  - Propilenglicol (y) agua (y) metilisotiazolinona (y) iodopropinil butilcarbamato (y) cloruro de sodio
- Etapa 3
    - Polyquaternium-37
    - Gliceril polimetacrilato/propilenglicol/PVM-MA copolímero
    - Alcohol etílico
    - PEG-40/aceite de castor hidrogenado/PCA isostearato
    - Ácido láctico

### **3.6. Técnica cualitativa o cuantitativa**

Se siguió un método de investigación científica sujeto a recomendaciones sobre formulaciones cosméticas, respecto a los principios activos, para lograr que cumplieran con su función principal en el producto y que entre ellos no existiera competencia en el desempeño e incorporación dentro de la fórmula.

Al producto terminado se le analizaron propiedades organolépticas, fisicoquímicas y microbiológicas que cumplieron con los estándares de un producto de alta calidad, acorde a normativas del Reglamento Técnico Centroamericano, documento que cuenta con regulaciones sobre la elaboración de productos cosméticos.

### **3.7. Recolección y ordenamiento de la información**

A continuación se presenta el procedimiento de recolección y ordenamiento de la información.

#### **3.7.1. Procedimiento, etapa 1: champú y acondicionador reparador con impacto alisante**

- Recopilar información general y específica sobre la técnica de alisado y principios activos.
- Dar formato a la posible fórmula cualitativa y cuantitativa acorde a las Fases en las que se incorporaran los ingredientes activos y el resto de las materias primas.
- Agregar los ingredientes de la fase A agitar vigorosamente e iniciar el calentamiento de 75 a 80 °C.
- Adicionar, los ingredientes de la fase B a la fase A, agitar hasta homogenizar.
- Agregar los ingredientes de la fase C a la fase AB por debajo de 40 °C y agitar moderadamente.
- Adicionar uno a uno los ingredientes de la fase D a la fase ABC y agitar moderadamente.
- Adicionar, por último, la fragancia para establecer parámetros organolépticos, en este caso de olor.
- Analizar los parámetros fisicoquímicos del producto de la primera etapa.
- En caso de que los parámetros favorezcan las propiedades físicas y químicas del cabello, se valida la fórmula y se establece la dosificación de los principios activos, para estandarizar siguientes fabricaciones.
- Someter la muestra a prueba de centrifuga y prueba de microondas para evaluar la estabilidad de las fases.

- Realizar análisis microbiológico de la muestra obtenida (bacterias, mohos, levaduras, *S. aureus*, *E. coli*, *P. aeruginosa*).
- Evaluar la estabilidad del producto ante 4 ambientes durante dos meses.
- Examinar la efectividad del producto en cabello humano, luego de 2 aplicaciones semanales.
- Determinar el tiempo de acción del tratamiento capilar en cabello natural humano.

### **3.7.2. Procedimiento, etapa 2: ungüento protector térmico y solar con SPF 10, efecto liso impactante**

- Recopilar información general y específica sobre la técnica de alisado y principios activos.
- Dar formato a la posible fórmula cualitativa y cuantitativa acorde a las fases en las que se incorporarán los ingredientes activos y el resto de las materias primas.
- Agregar los ingredientes de la fase A agitar vigorosamente e iniciar el calentamiento de 75 a 80 °C.
- Fundir los ingredientes de la fase B a una temperatura de 75 a 80 °C, y adicionarlos a la fase A, agitar hasta homogenizar.
- Agregar los ingredientes de la fase C a la fase AB por debajo de 40 °C y agitar moderadamente.
- Adicionar los ingredientes de la fase D a la fase ABC a una temperatura alrededor de los 30 °C y agitar moderadamente.
- Adicionar, por último, la fragancia para establecer parámetros organolépticos, en este caso de olor.
- Analizar los parámetros fisicoquímicos del producto de la segunda etapa.

- En caso de que los parámetros favorezcan las propiedades físicas y químicas del cabello se valida la fórmula y se establece la dosificación de los principios activos, para estandarizar siguientes fabricaciones.
- Someter la muestra a prueba de centrifuga y prueba de microondas para evaluar la estabilidad de las fases.
- Realizar análisis microbiológico de la muestra obtenida (bacterias, mohos, levaduras, *S. aureus*, *E. coli*, *P. aeruginosa*).
- Evaluar la estabilidad del producto ante 4 ambientes durante dos meses.
- Examinar la efectividad del producto en cabello humano, luego de 2 aplicaciones semanales.
- Determinar el tiempo de acción del tratamiento capilar en cabello natural humano.

### **3.7.3. Procedimiento, etapa 3: *spray* abrillantador sellador de cutícula**

- Recopilar información general y específica sobre la técnica de alisado y principios activos.
- Dar formato a la posible fórmula cualitativa y cuantitativa acorde a las fases en las que se incorporarán los ingredientes activos y el resto de las materias primas.
- Pre dispersar los ingredientes de la fase B e incorporar dicha pre mezcla a la fase A y agitar vigorosamente durante 20 minutos a temperatura ambiente.
- Agregar los ingredientes de la fase C a la fase AB a temperatura ambiente y agitar por 10 minutos.
- Adicionar los ingredientes de la fase D a la fase ABC a una temperatura ambiente y agitar moderadamente por 20 minutos.

- Adicionar, por último, la fragancia para establecer parámetros organolépticos, en este caso de olor.
- Analizar los parámetros fisicoquímicos del producto de la tercera etapa.
- En caso de que los parámetros favorezcan las propiedades físicas y químicas del cabello, se valida la fórmula y se establece la dosificación de los principios activos, para estandarizar siguientes fabricaciones.
- Someter la muestra a prueba de centrifuga y prueba de microondas para evaluar la estabilidad de las Fases.
- Realizar análisis microbiológico de la muestra obtenida (bacterias, mohos, levaduras, *S. Aureus*, *E. coli*, *P. Aeruginosa*).
- Evaluar la estabilidad del producto ante 4 ambientes durante dos meses.
- Examinar la efectividad del producto en cabello humano, luego de 2 aplicaciones semanales.
- Determinar el tiempo de acción del tratamiento capilar en cabello natural humano.

### **3.8. Metodología de recopilación de variables del proceso**

A continuación se explicará la metodología para el recopilación de variables del proceso.

#### **3.8.1. Diseño experimental**

- Experimento 1: determinación de las fórmulas cuali-cuantitativas del tratamiento. Realizar variaciones en los componentes activos para determinar el porcentaje más apropiado de cada uno de ellos.
- Experimento 2: determinación de los rangos de temperatura de emulsión en el tratamiento capilar alisador (temperatura de mezcla O/W).

- Experimento 3: determinación del pH en el tratamiento capilar alisador. Determinar con un potenciómetro.
- Experimento 4: determinación de la metodología más adecuada para la aplicación de los productos de alisado del cabello.
- Experimento 5: determinar la cantidad óptima, en gramos de sulfito de sodio, en la fórmula cuantitativa de cada una de las etapas del tratamiento capilar que es capaz de reaccionar con la queratina del cabello confiriéndole el liso deseado.
- Experimento 6: determinar la composición porcentual de emulsificantes para la segunda etapa del tratamiento capilar para la incorporación del sulfito de sodio, aminoácidos de trigo, queratina hidrolizada y urea, punto crítico para la obtención de una emulsión PIT (*phase inversion temperature*).
- Experimento 7: comparar el rendimiento de cada uno de los productos que conforman el tratamiento capilar de 2 grupos de formulaciones, a la dosis máxima y mínima de activos, respectivamente.

### **3.8.2. Tratamientos y repeticiones**

- Experimento 1: determinación de las fórmulas cuali-cuantitativas del tratamiento capilar alisador para sus 3 etapas.
  - Tratamiento: se prepararon las posibles fórmulas cuali-cuantitativas de los tres productos de la serie de pasos del proceso alisador para el cabello. Se establecieron con base en

conocimientos previos sobre formulación en la industria cosmética y respecto a los límites que establece la teoría de los principios activos.

- Repeticiones: este procedimiento se realizó dos veces para cada producto, obteniendo en total dos juegos de formulaciones (dosis mínima y máxima).
- Experimento 2: determinación del rango de temperatura exacta de emulsión en el tratamiento capilar alisador.
  - Tratamiento: durante el proceso de emulsión del tratamiento capilar alisador, en cada formulación se utilizaron rangos de temperatura para lograr la estabilidad de esta y así evaluar su eficiencia en el producto terminado y determinar si es un factor estricto en el proceso de manufactura o puede variar sin alterar el resultado.
  - Repeticiones: este experimento se realizó dos veces.
- Experimento 3: determinación de pH en el tratamiento capilar alisador
  - Tratamiento: se reguló el pH de cada tratamiento capilar elaborado con base en las dos formulaciones establecidas en el experimento 1.
  - Repeticiones: este experimento se realizó dos veces.



- Experimento 4: determinación de la metodología más adecuada para la aplicación de los productos de alisado del cabello.
  - Tratamiento: se aplicaron los tres productos en el cabello de cinco modelos, para comprobar la efectividad de los componentes activos sobre el mismo y obtener así un alisado perfecto.
  - Repeticiones: este experimento se realizó dos veces en cada modelo.
  
- Experimento 5: determinar la cantidad óptima, en gramos de sulfito de sodio, en la fórmula cuantitativa de cada una de las etapas del tratamiento capilar que es capaz de reaccionar con la queratina del cabello confiriéndole el liso deseado.
  - Tratamiento: se aplicaron los tres productos en el cabello de cinco modelos para comprobar la efectividad de la dosis utilizada de sulfito de sodio, con 2 cantidades estipuladas de este compuesto, siendo un porcentaje máximo y un porcentaje mínimo.
  - Repeticiones: este experimento se realizó dos veces en cada modelo, la primera aplicación con las 3 etapas con la dosis mínima de activos y la segunda con la dosis máxima.
  
- Experimento 6: determinar la composición porcentual de emulsificantes para la segunda etapa del tratamiento capilar para la incorporación del sulfito de sodio, aminoácidos de trigo, queratina hidrolizada y urea, punto crítico para la obtención de una emulsión PIT (*phase inversión temperature*).

- Tratamiento: se cuantificó porcentualmente la cantidad de emulsificantes en la segunda etapa, hasta lograr su total estabilidad y superación de la prueba de centrífuga, en la que se determinó que no existiera separación de fases.
- Repeticiones: esta cuantificación se realizó dos veces durante la preparación de la base de formulación sin los porcentaje óptimos de activos.
- Experimento 7: comparar el rendimiento de cada uno de los productos que conforman el tratamiento capilar de 2 grupos de formulaciones, a la dosis máxima y mínima de activos, respectivamente.
  - Tratamiento: se cuantificó la cantidad de producto obtenido luego de todos los procesos de calentamiento durante la preparación de cada una de las etapas y se evaluó el rendimiento de cada una de ellas con la relación ente la cantidad de gramos obtenida experimentalmente y la cantidad de gramos esperada teóricamente.
  - Repeticiones: esta cuantificación se realizó 2 veces, una para la dosis mínima y otra para la dosis máxima, en cada una de las etapas, evaluando así los 6 rendimientos.

### **3.9. Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información**

Determinación del porcentaje de rendimiento de cada una de las formulaciones.

$$\%R_{formula\ i} = \frac{g.\ e.\ Fi}{g.\ t.\ Fi} * 100$$

Donde

*g. e. F1* = gramos experimentales de la formula *i* (g)

*g. t. F1* = gramos teóricos de la formula *i* (g)

$\%R_{formula\ i}$  = porcentaje de rendimiento de la fórmula *i* (%)

### **3.10. Plan de análisis de los resultados**

Los resultados obtenidos fueron evaluados por profesionales de la Corporación Lancasco S. A., división Scentia Perfumería, tanto en el desempeño del producto como en la validación de los parámetros establecidos, para su futura certificación en el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, cuenta con el respaldo del Registro Sanitario del producto.



## 4. RESULTADOS

A continuación se presentan los datos cuantitativos y cualitativos obtenidos luego de realizar la experimentación.

Tabla VII. **Fórmula cualitativa y cuantitativa de la primera etapa del tratamiento capilar con una dosificación mínima de activos**

Línea	Descripción/INCI	%	Fase	Función
1	Agua desmineralizada	73,32	A	Vehículo.
2	Guar hidroxipropil cloruro de trimonio	0,15	A	Red suspensora.
3	Hidroxietilcelulosa	0,03	A	Retiene humedad.
4	Sulfito de sodio	3,00	A	Activo
5	Ácido cítrico	0,35	A	Ajusta pH.
6	Lauril éter sulfato de sodio	5	B	Surfactante.
7	Lauril sulfato de sodio (y) cocamidopropilbetaina (y) cocoglucósido	7	B	Mezcla surfactante.
8	Lauril glucósido	0,3	B	Detergente.
9	Cocoglucósido gliceril oleato	0,5	B	Reengrasante.
10	PEG-150 diestearato	0,25	B	Viscosante.
11	Isoestearil alcohol (y) butilenglicol cocoato (y) etilcelulosa	0,2	B	Acondicionador.
12	Metilcloroisotiazolinona (y) metilisotiazolinona	0,10	C	Preservante
13	Cocamidopropilbetaina c.s.p	2,5	D	Surfactante.
14	Cocamida DEA	1	D	Surfactante.
15	Óxido de amina	1	D	Agente espumante.
16	Urea	2,00	D	
17	Aminoácidos de trigo	1,00	D	Activo.
18	Queratina hidrolizada	1,50	D	
19	Fragancia	0,8	E	Aroma Oagradable.
21	Cloruro de cetrimonio/etanol/C19-C17 isoalcohol c.s.p.	0,1	F	Acondicionador.
22	FD&C rojo núm.3 (CI 45430)	0,05	F	Color
		100,00		

Fuente: elaboración propia.

Tabla VIII. **Fórmula cualitativa y cuantitativa de la primera etapa del tratamiento capilar con una dosificación máxima de activos**

Línea	Descripción/INCI	%	Fase	Función
1	Agua desmineralizada	65,67	A	Vehículo.
2	Guar hidroxipropil cloruro de trimonio	0,15	A	Red suspensora.
3	Hidroxietilcelulosa	0,03	A	Retiene humedad.
4	Sulfito de Sodio	6,00	A	Activo
5	Ácido cítrico	0,35	A	Ajusta pH.
6	Lauril éter sulfato de sodio	5	B	Surfactante.
7	Lauril sulfato de sodio (y) cocamidopropilbetaina (y) cocoglucósido	7	B	Mezcla surfactante.
8	Lauril glucósido	0,3	B	Detergente.
9	Cocoglucósido gliceril oleato	0,5	B	Reengrasante.
10	PEG-150 diestearato	0,25	B	Viscosante.
11	Isoestearil alcohol (y) butilenglicol cocoato (y) etilcelulosa	0,2	B	Acondicionador.
12	Metilcloroisotiazolinona (y) metilisotiazolinona	0,10	C	Preservante
13	Cocamidopropilbetaina c.s.p	2,5	D	Surfactante.
14	Cocamida DEA	1	D	Surfactante.
15	Óxido de amina	1	D	Agente espumante.
16	Urea	4,00	D	Activo.
17	Aminoácidos de trigo	2,00	D	
18	Queratina hidrolizada	3,00	D	
19	Fragancia	0,8	E	Aroma agradable.
20	Cloruro de cetrimonio/etanol/C19-C17 isoalcohol c.s.p.	0,1	F	Acondicionador.
21	FD&C rojo núm.3 (CI 45430)	0,05	F	Color
		100,00		

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Fórmula cualitativa y cuantitativa de la segunda etapa del tratamiento capilar con una dosificación mínima de activos**

Línea	Descripción/INCI	%	Fase	Función
1	Agua desmineralizada c.s.p	77,60	A	Vehículo
2	Sulfito de Sodio	5,00	A	Activo
3	Carbomero-21	0,1	A	Espesante
4	Ácido Esteárico	3	B	Agente de consistencia
5	Alcohol Estearílico	1	B	Emulsificante
6	Ceteareth-12	0,6	B	Emulsificante
7	Ceteareth-20	0,6	B	Emulsificante
8	Behenamido propil trimonio	0,05	B	Acondicionador
9	Mantequilla de Butirospermo	0,7	B	Emoliente

Continuación de tabla IX.

10	D-pantenol	0,1	B	Activo, Acondicionador.
11	Queratina hidrolizada	3,00	B	Activo, permeabilizante y reparador.
12	Glicerina	0,9	C	Humectante
13	Octilpalmitato	0,1	C	Emoliente.
14	Triglicérido cáprico caprílico	0,2	C	Emoliente.
15	Miristato de Isopropilo	0,5	C	Emoliente.
16	Complejo Oleoso (Aceite de Coco)	0,1	C	Activo
17	PPG-3 benzyl éter miristato	0,2	C	Acondicionador.
18	Metileno bis-benzotriazolil tetrametilbutilfenol	0,5	C	Filtro solar
19	Urea	2,00	C	Activo.
20	Aminoácidos de trigo	2,50	C	
21	Isoestearil alcohol (y) butilenglicol cocoato (y) etilcelulosa	0,5	C	Emulsificante, sensorial agradable.
22	Propilenglicol (y) agua (y) metilisotiazolinona (y) iodopropinil butilcarbamato (y) cloruro de sodio.	0,2	D	Preservante
23	Fragancia	0,5	E	Aroma Agradable.
24	FD&C rojo núm.3 (CI 45430)	0,05	F	Color
		100,00		

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. **Fórmula cualitativa y cuantitativa de la segunda etapa del tratamiento capilar con una dosificación máxima de activos**

Línea	Descripción/INCI	%	Fase	Función
1	Agua desmineralizada c.s.p	65,10	A	Vehículo
2	Sulfito de sodio	10,00	A	Activo
3	Carbomero-21	0,1	A	Espesante
4	Ácido esteárico	3	B	Agente de consistencia
5	Alcohol estearílico	1	B	Emulsificante
6	Ceteareth-12	0,6	B	Emulsificante
7	Ceteareth-20	0,6	B	Emulsificante
8	Behenamido propil trimonio	0,05	B	Acondicionador
9	Mantequilla de Butirospermo	0,7	B	Emoliente
10	D-pantenol	0,1	B	Activo, Acondicionador.
11	Queratina hidrolizada	6,00	B	Activo, permeabilizante y reparador.
12	Glicerina	0,9	C	Humectante
13	Octilpalmitato	0,1	C	Emoliente.
14	Triglicérido cáprico caprílico	0,2	C	Emoliente.
15	Miristato de isopropilo	0,5	C	Emoliente.
16	Complejo oleoso (Aceite de Coco)	0,1	C	Activo
17	PPG-3 benzyl éter miristato	0,2	C	Acondicionador.

Continuación de la tabla X.

18	Metileno bis-benzotriazolil tetrametilbutilfenol	0,5	C	Filtro solar
19	Urea	4,00	C	Activo.
20	Aminoácidos de trigo	5,00	C	
21	Isoestearil alcohol (y ) butilenglicol cocoato (y ) etilcelulosa	0,5	C	Emulsificante, sensorial agradable.
22	Propilenglicol (y) agua (y) metilisotiazolinona (y) iodopropinil butilcarbamato (y) cloruro de sodio.	0,2	D	Preservante
23	Fragancia	0,5	E	Aroma Agradable.
24	FD&C rojo núm.3 (CI 45430)	0,05	F	Color
		100,00		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. **Fórmula cualitativa y cuantitativa de la tercera etapa del tratamiento capilar con una dosificación mínima de activos**

Línea	Descripción/INCI	%	Fase	Función
1	Agua desmineralizada c.s.p	68,90	A	Vehículo
2	Sulfito de Sodio	0,50	A	Activo
3	Propilenglicol (y) agua (y) metilisotiazolinona (y) iodopropinil butilcarbamato (y) cloruro de sodio.	0,2	A	Preservante
4	Agua desmineralizada c.s.p	20	B	Vehículo
5	Polyquaternium-37	0,6	B	Red Suspensoria
6	Isoestearil alcohol (y ) butilenglicol cocoato (y ) etilcelulosa	0,3	C	Emulsificante, sensorial agradable.
7	Gliceril polimetacrilato/propilenglicol/PVM-MA copolímero. (LUBRAGEL OIL)	0,5	C	Emoliente
8	Urea	1,00	C	Activo.
9	Aminoácidos de trigo	1,00	C	Activo
10	Extracto de tamarindo	0,5	C	Manejabilidad, liso extremo, suavidad y brillo.
11	Alcohol etílico	3	D	Vehículo
13	Fragancia	0,5	D	Olor agradable
14	PEG-40/aceite hidrogenado de castor/PCA isostearato	0,8	D	Solubilizante.
15	Complejo oleoso	0,1	D	Activo
16	Queratina hidrolizada	2,00	E	Activo
17	FD&C rojo núm.3 (CI 45430)	0,05	E	Color
18	Ácido láctico c.s.p	0,05	F	Ajuste de pH.
		100,00		

Fuente: elaboración propia.



Tabla XII. **Fórmula cualitativa y cuantitativa de la tercera etapa del tratamiento capilar con una dosificación máxima de activos**

Línea	Descripción/INCI	%	Fase	Función
1	Agua desmineralizada c.s.p	66,20	A	Vehículo
2	Sulfito de Sodio	1,00	A	Activo
3	Propilenglicol (y) agua (y) metilisotiazolinona (y) iodopropinil butilcarbamato (y) cloruro de sodio.	0,2	A	Preservante
4	Agua desmineralizada c.s.p	20	B	Vehículo
5	Polyquaternium-37	0,6	B	Red suspensoria
6	Isoestearil alcohol (y) butilenglicol cocoato (y) etilcelulosa	0,3	C	Emulsificante, sensorial agradable.
7	Gliceril polimetacrilato/propilenglicol/PVM-MA copolímero. (LUBRAGEL OIL)	0,5	C	Emoliente
8	Urea	2,00	C	Activo.
9	Aminoácidos de trigo	0,20	C	Activo
10	Extracto de tamarindo	0,5	C	Manejabilidad, liso extremo, suavidad y brillo.
11	Alcohol etílico	3	D	Vehículo
13	Fragancia	0,5	D	Olor agradable
14	PEG-40/aceite hidrogenado de castor/PCA isostearato	0,8	D	Solubilizante.
15	Complejo oleoso	0,1	D	Activo
16	Queratina hidrolizada	4,00	E	Activo
17	FD&C rojo núm.3 (CI 45430)	0,05	E	Color
18	Ácido láctico c.s.p	0,05	F	Ajuste de pH.
		100,00		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. **Rendimiento de las etapas del tratamiento capilar con dosificaciones mínimas de activos**

Fórmula	Porcentaje de rendimiento
Etapa 1 del tratamiento capilar <i>Champú y acondicionador reparador con impacto alisante.</i>	77,80 %
Etapa 2 del tratamiento capilar <i>Ungüento protector térmico &amp; solar con SPF 10 con efecto liso impactante.</i>	79,60 %
Etapa 3 del tratamiento capilar <i>Spray abrillantador sellador de cutícula.</i>	99,00 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. **Rendimiento de las etapas del tratamiento capilar con dosificaciones máximas de activos**

<b>Fórmula</b>	<b>% de Rendimiento</b>
Etapa 1 del tratamiento capilar <i>Champú y acondicionador reparador con impacto alisante.</i>	78,20 %
Etapa 2 del tratamiento capilar <i>Ungüento protector térmico &amp; solar con SPF 10 con efecto liso impactante.</i>	79,80 %
Etapa 3 del tratamiento capilar <i>Spray abrillantador sellador de cutícula.</i>	99,20 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. **Temperatura y tiempo de exposición a efecto térmico para la evaluación de modo adecuado de aplicación**

	Etapa 2 del tratamiento capilar, concentración mínima de activos <i>Ungüento protector térmico &amp; solar con SPF 10 con efecto liso impactante.</i>	Etapa 2 del tratamiento capilar concentración máxima de activos <i>Ungüento protector térmico &amp; solar con SPF 10 con efecto liso impactante.</i>
Temperatura °C (plancha térmica sellante de ungüento)	210 °C	190 °C
Tiempo (minutos) por mechón de cabello untado con el ungüento protector.	20 s	30 s

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. **Análisis de propiedades fisicoquímicas de la primera etapa**

	Etapa 1 del tratamiento capilar, concentración mínima de activos <i>champú y acondicionador reparador con impacto alisante.</i>	Etapa 1 del tratamiento capilar, concentración máxima de activos <i>champú y acondicionador reparador con impacto alisante.</i>
pH a 25 °C	6,50	7,10
Viscosidad pin 4 a 12 RPM a 25 °C	6 500 cP	6 550 cP
Apariencia	Solución ligeramente traslúcida, altamente viscosa.	Solución ligeramente traslúcida, altamente viscosa.
Olor	Notas aromáticas frutales.	Notas aromáticas frutales.
Color	Ligeramente rosa.	Ligeramente rosa.

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. **Análisis de propiedades fisicoquímicas de la segunda etapa**

	Etapa 2 del tratamiento capilar, concentración mínima de activos <i>Ungüento protector térmico &amp; solar con SPF 10 con efecto liso impactante.</i>	Etapa 2 del tratamiento capilar, concentración máxima de activos <i>Ungüento protector térmico &amp; solar con SPF 10 con efecto liso impactante.</i>
pH a 25 °C	6,35	7,25
Viscosidad pin 5 a 12 RPM a 25 °C	3 900 cP	3 995 cP
Apariencia	Solución ligeramente traslúcida, viscosa.	Solución ligeramente traslúcida, viscosa.
Olor	Notas aromáticas frutales.	Notas aromáticas frutales.
Color	Ligeramente rosa.	Ligeramente rosa.

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. **Análisis de propiedades fisicoquímicas de la tercera etapa**

	Etapa 3 del tratamiento capilar, concentración mínima de activos <i>Spray abrillantador sellador de cutícula.</i>	Etapa 3 del tratamiento capilar, concentración máxima de activos <i>Spray abrillantador sellador de cutícula.</i>
pH a 25 °C	5,25	6,63
Viscosidad pin 6 a 12 RPM a 25 °C	2 900 cP	3 100 cP
Apariencia	Solución sutilmente traslúcida, ligeramente viscosa.	Solución sutilmente traslúcida, ligeramente viscosa.
Olor	Notas aromáticas frutales.	Notas aromáticas frutales.
Color	Ligeramente rosa.	Ligeramente rosa.

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. **Resultados de separación de fases de prueba de centrífuga y prueba de microondas para la primera etapa**

	Etapa 1 del tratamiento capilar, concentración mínima de activos <i>Champú y acondicionador reparador con impacto alisante.</i>	Etapa 1 del tratamiento capilar, concentración máxima de activos <i>Champú y acondicionador reparador con impacto alisante.</i>
Prueba de centrifuga	13 000 rpm (No hubo separación de fases)	13 000 rpm (No hubo separación de fases)
Prueba de microondas	300 MHz (No presentó ninguna reacción que alterara las propiedades del producto)	300 MHz (No presentó ninguna reacción que alterara las propiedades del producto)

Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. **Resultados de separación de fases de prueba De centrífuga y prueba de microondas para la segunda etapa**

	Etapa 2 del tratamiento capilar, concentración mínima de activos <i>Ungüento protector térmico &amp; solar con SPF 10 con efecto liso impactante</i>	Etapa 2 del tratamiento capilar, concentración máxima de activos <i>Ungüento protector térmico &amp; solar con SPF 10 con efecto liso impactante.</i>
Prueba centrífuga	13 000 rpm (No hubo separación de fases)	13 000 rpm (No hubo separación de fases)
Prueba microondas	300 MHz (No presentó ninguna reacción que alterara las propiedades del producto)	300 MHz (No presentó ninguna reacción que alterara las propiedades del producto)

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. **Resultados de separación de fases en prueba De centrífuga y prueba de microondas para la tercera etapa**

	Etapa 3 del tratamiento capilar, concentración mínima de activos <i>Spray abrillantador sellador de cutícula.</i>	Etapa 3 del tratamiento capilar, concentración máxima de activos <i>Spray abrillantador sellador de cutícula.</i>
Prueba centrífuga	13 000 rpm (No hubo separación de fases)	13 000 rpm (No hubo separación de fases)
Prueba microondas	300 MHz (No presentó ninguna reacción que alterara las propiedades del producto)	300 MHz (No presentó ninguna reacción que alterara las propiedades del producto)

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXII. **Resultados de pruebas de estabilidad en 4 ambientes diferentes. Primera etapa (primer mes)**

	Etapa 1 del tratamiento capilar, concentración mínima de activos <i>Champú y acondicionador reparador con impacto alisante.</i>	Etapa 1 del tratamiento capilar, concentración máxima de activos <i>Champú y acondicionador reparador con impacto alisante.</i>
Exposición solar	Se mantuvo estable.	Se mantuvo estable.
Temperatura ambiente	Se mantuvo estable.	Se mantuvo estable.
Incubadora (39 °C)	Se mantuvo estable.	Se mantuvo estable.
Prueba de bajas Temperaturas (4 °C)	Se mantuvo estable.	Se mantuvo estable.

Fuente: elaboración propia.

**Tabla XXIII. Resultados de pruebas de estabilidad en 4 ambientes diferentes. Primera etapa (segundo mes)**

	Etapa 1 del tratamiento capilar, concentración mínima de activos <i>Champú y acondicionador reparador con impacto alisante.</i>	Etapa 1 del tratamiento capilar, concentración máxima de activos <i>Champú y acondicionador reparador con impacto alisante.</i>
Exposición solar	Se mantuvo estable.	Se mantuvo estable.
Temperatura ambiente	Se mantuvo estable.	Se mantuvo estable.
Incubadora (39°C)	Se mantuvo estable.	Se mantuvo estable.
Prueba de bajas temperaturas (4°C)	Se mantuvo estable.	Se mantuvo estable.

Fuente: elaboración propia.

**Tabla XXIV. Resultados de pruebas de estabilidad en 4 ambientes diferentes. Primera etapa (tercer mes)**

	Etapa 1 del tratamiento capilar, concentración mínima de activos <i>Champú y acondicionador reparador con impacto alisante.</i>	Etapa 1 del tratamiento capilar, concentración máxima de activos <i>Champú y acondicionador reparador con impacto alisante.</i>
Exposición solar	Se mantuvo estable.	Se mantuvo estable.
Temperatura ambiente	Se mantuvo estable.	Se mantuvo estable.
Incubadora (39°C)	Se mantuvo estable.	Se mantuvo estable.
Prueba de bajas temperaturas (4°C)	Se mantuvo estable.	Se mantuvo estable.

Fuente: elaboración propia.

**Tabla XXV. Resultados de pruebas de estabilidad en 4 ambientes diferentes. Primera etapa (cuarto mes)**

	Etapa 1 del tratamiento capilar, concentración mínima de activos <i>Champú y acondicionador reparador con impacto alisante.</i>	Etapa 1 del tratamiento capilar, concentración máxima de activos <i>Champú y acondicionador reparador con impacto alisante.</i>
Exposición solar	Se mantuvo estable.	Se mantuvo estable.
Temperatura ambiente	Se mantuvo estable.	Se mantuvo estable.
Incubadora (39°C)	Se mantuvo estable.	Se mantuvo estable.
Prueba de bajas temperaturas (4°C)	Se mantuvo estable.	Se mantuvo estable.

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVI. **Resultados de pruebas de estabilidad en 4 ambientes diferentes. Segunda etapa (primer mes)**

	Etapa 2 del tratamiento capilar, concentración mínima de activos <i>Ungüento protector térmico &amp; solar con SPF 10 con efecto liso impactante.</i>	Etapa 2 del tratamiento capilar, concentración máxima de activos <i>Ungüento protector térmico &amp; solar con SPF 10 con efecto liso impactante.</i>
Exposición solar	Se mantuvo estable	Se mantuvo estable
Temperatura ambiente	Se mantuvo estable	Se mantuvo estable
Incubadora (39°C)	Se mantuvo estable	Se mantuvo estable
Prueba de Bajas temperaturas (4°C)	Se mantuvo estable	Se mantuvo estable

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVII. **Resultados de pruebas de estabilidad en 4 ambientes diferentes. Segunda etapa (segundo mes)**

	Etapa 2 del tratamiento capilar, concentración mínima de activos <i>Ungüento protector térmico &amp; solar con SPF 10 con efecto liso impactante.</i>	Etapa 2 del tratamiento capilar, concentración máxima de activos <i>Ungüento protector térmico &amp; solar con SPF 10 con efecto liso impactante.</i>
Exposición solar	Se mantuvo estable	Se mantuvo estable
Temperatura ambiente	Se mantuvo estable	Se mantuvo estable
Incubadora (39°C)	Se mantuvo estable	Se mantuvo estable
Prueba de bajas temperaturas (4°C)	Se mantuvo estable	Se mantuvo estable

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVIII. **Resultados de pruebas de estabilidad en 4 ambientes diferentes. Segunda etapa (tercer mes)**

	Etapa 2 del tratamiento capilar, concentración mínima de activos <i>Ungüento protector térmico &amp; solar con SPF 10 con efecto liso impactante.</i>	Etapa 2 del tratamiento capilar, concentración máxima de activos <i>Ungüento protector térmico &amp; solar con SPF 10 con efecto liso impactante.</i>
Exposición solar	Se mantuvo estable	Se mantuvo estable
Temperatura ambiente	Se mantuvo estable	Se mantuvo estable
Incubadora (39 °C)	Se mantuvo estable	Se mantuvo estable
Prueba de bajas temperaturas (4° C)	Se mantuvo estable	Se mantuvo estable

Fuente: elaboración propia.

**Tabla XXIX. Resultados de pruebas de estabilidad en 4 ambientes diferentes. Segunda etapa (cuarto mes)**

	Etapa 2 del tratamiento capilar, concentración mínima de activos <i>Ungüento protector térmico &amp; solar con SPF 10 con efecto liso impactante.</i>	Etapa 2 del tratamiento capilar, concentración máxima de activos <i>Ungüento protector térmico &amp; solar con SPF 10 con efecto liso impactante.</i>
Exposición Solar	Se mantuvo estable	Se mantuvo estable
Temperatura Ambiente	Se mantuvo estable	Se mantuvo estable
Incubadora (39°C)	Se mantuvo estable	Se mantuvo estable
Prueba de Bajas Temperaturas (4°C)	Se mantuvo estable	Se mantuvo estable

Fuente: elaboración propia.

**Tabla XXX. Resultados de pruebas de estabilidad en 4 ambientes diferentes. Tercera etapa (primer mes)**

	Etapa 3 del tratamiento capilar, concentración mínima de activos <i>Spray abrillantador sellador de cutícula.</i>	Etapa 3 del tratamiento capilar, concentración máxima de activos <i>Spray abrillantador sellador de cutícula.</i>
Exposición solar	Se mantuvo estable	Se mantuvo estable
Temperatura ambiente	Se mantuvo estable	Se mantuvo estable
Incubadora (39 °C)	Se mantuvo estable	Se mantuvo estable
Prueba de Bajas temperaturas (4 °C)	Se mantuvo estable	Se mantuvo estable

Fuente: elaboración propia.

**Tabla XXXI. Resultados de pruebas de estabilidad en 4 ambientes diferentes. Tercera etapa (segundo mes)**

	Etapa 3 del tratamiento capilar, concentración mínima de activos <i>Spray abrillantador sellador de cutícula.</i>	Etapa 3 del tratamiento capilar, concentración máxima de activos <i>Spray abrillantador sellador de cutícula.</i>
Exposición solar	Se mantuvo estable	Se mantuvo estable
Temperatura ambiente	Se mantuvo estable	Se mantuvo estable
Incubadora (39 °C)	Se mantuvo estable	Se mantuvo estable
Prueba de bajas temperaturas (4 °C)	Se mantuvo estable	Se mantuvo estable

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXII. **Resultados de pruebas de estabilidad en 4 ambientes diferentes. Tercera etapa (tercer mes)**

	Etapa 3 del tratamiento capilar, concentración mínima de activos <i>Spray abrillantador sellador de cutícula.</i>	Etapa 3 del tratamiento capilar, concentración máxima de activos <i>Spray abrillantador sellador de cutícula.</i>
Exposición solar	Se mantuvo estable	Se mantuvo estable
Temperatura ambiente	Se mantuvo estable	Se mantuvo estable
Incubadora (39 °C)	Se mantuvo estable	Se mantuvo estable
Prueba de bajas temperaturas (4 °C)	Se mantuvo estable	Se mantuvo estable

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIII. **Resultados de pruebas de estabilidad en 4 ambientes diferentes. Tercera etapa (cuarto mes)**

	Etapa 3 del tratamiento capilar, concentración mínima de activos <i>Spray abrillantador sellador de cutícula.</i>	Etapa 3 del tratamiento capilar, concentración máxima de activos <i>Spray abrillantador sellador de cutícula.</i>
Exposición solar	Perdió su color rosa.	Perdió su color rosa.
Temperatura ambiente	Se mantuvo estable	Se mantuvo estable
Incubadora (39 °C)	Se mantuvo estable	Se mantuvo estable
Prueba de bajas temperaturas (4°C)	Se mantuvo estable	Se mantuvo estable

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIV. **Análisis microbiológico de producto terminado, primera etapa (primer mes)**

	Etapa 1 del tratamiento capilar, concentración mínima de activos <i>Champú y acondicionador reparador con impacto alisante.</i>	Etapa 1 del tratamiento capilar, concentración máxima de activos <i>Champú y acondicionador reparador con impacto alisante.</i>
Recuento aérobico total	<10 UFC	<10 UFC
Mohos y levaduras	<10 UFC	<10 UFC
<i>E.coli</i>	Ausencia	Ausencia
<i>Coliformes totales</i>	Ausencia	Ausencia
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Ausencia	Ausencia
<i>Staphylococcus aureus</i>	Ausencia	Ausencia

Fuente: elaboración propia.



Tabla XXXV. **Análisis microbiológico de producto terminado, primera etapa (segundo mes)**

	Etapa 1 del tratamiento capilar, concentración mínima de activos <i>Champú y acondicionador reparador con impacto alisante.</i>	Etapa 1 del tratamiento capilar, concentración máxima de activos <i>Champú y acondicionador reparador con impacto alisante.</i>
Recuento aérobico total	<10 UFC	<10 UFC
Mohos y levaduras	<10 UFC	<10 UFC
<i>E.coli</i>	Ausencia	Ausencia
<i>Coliformes totales</i>	Ausencia	Ausencia
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Ausencia	Ausencia
<i>Staphylococcus aureus</i>	Ausencia	Ausencia

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVI. **Análisis microbiológico de producto terminado, primera etapa (tercer mes)**

	Etapa 1 del tratamiento capilar, concentración mínima de activos <i>Champú y acondicionador reparador con impacto alisante.</i>	Etapa 1 del tratamiento capilar, concentración máxima de activos <i>Champú y acondicionador reparador con impacto alisante.</i>
Recuento aérobico total	<10 UFC	<10 UFC
Mohos y levaduras	<10 UFC	<10 UFC
<i>E.coli</i>	Ausencia	Ausencia
<i>Coliformes totales</i>	Ausencia	Ausencia
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Ausencia	Ausencia
<i>Staphylococcus aureus</i>	Ausencia	Ausencia

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVII. **Análisis microbiológico de producto terminado, primera etapa (cuarto mes)**

	Etapa 1 del tratamiento capilar, concentración mínima de activos <i>Champú y acondicionador reparador con impacto alisante.</i>	Etapa 1 del tratamiento capilar, concentración máxima de activos <i>Champú y acondicionador reparador con impacto alisante.</i>
Recuento aérobico total	<10 UFC	<10 UFC
Mohos y levaduras	<10 UFC	<10 UFC
<i>E.coli</i>	Ausencia	Ausencia
<i>Coliformes totales</i>	Ausencia	Ausencia
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Ausencia	Ausencia
<i>Staphylococcus aureus</i>	Ausencia	Ausencia

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVIII. **Análisis microbiológico de producto terminado, segunda etapa (primer mes)**

	Etapa 2 del tratamiento capilar, concentración mínima de activos <i>Ungüento protector térmico &amp; solar con SPF 10 con efecto liso impactante.</i>	Etapa 2 del tratamiento capilar, concentración máxima de activos <i>Ungüento protector térmico &amp; solar con SPF 10 con efecto liso impactante.</i>
Recuento aérobico total	<10 UFC	<10 UFC
Mohos y levaduras	<10 UFC	<10 UFC
<i>E.coli</i>	Ausencia	Ausencia
<i>Coliformes totales</i>	Ausencia	Ausencia
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Ausencia	Ausencia
<i>Staphylococcus aureus</i>	Ausencia	Ausencia

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIX. **Análisis microbiológico de producto terminado, segunda etapa (segundo mes)**

	Etapa 2 del tratamiento capilar, concentración mínima de activos <i>Ungüento protector térmico &amp; solar con SPF 10 con efecto liso impactante.</i>	Etapa 2 del tratamiento capilar, concentración máxima de activos <i>Ungüento protector térmico &amp; solar con SPF 10 con efecto liso impactante.</i>
Recuento aérobico total	<10 UFC	<10 UFC
Mohos y levaduras	<10 UFC	<10 UFC
<i>E.coli</i>	Ausencia	Ausencia
<i>Coliformes totales</i>	Ausencia	Ausencia
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Ausencia	Ausencia
<i>Staphylococcus aureus</i>	Ausencia	Ausencia

Fuente: elaboración propia.

Tabla XL. **Análisis microbiológico de producto terminado, segunda etapa (tercer mes)**

	Etapa 2 del tratamiento capilar, concentración mínima de activos <i>Ungüento protector térmico &amp; solar con SPF 10 con efecto liso impactante.</i>	Etapa 2 del tratamiento capilar, concentración máxima de activos <i>Ungüento protector térmico &amp; solar con SPF 10 con efecto liso impactante.</i>
Recuento aérobico total	<10 UFC	<10 UFC
Mohos y levaduras	<10 UFC	<10 UFC
<i>E.coli</i>	Ausencia	Ausencia
<i>Coliformes totales</i>	Ausencia	Ausencia
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Ausencia	Ausencia
<i>Staphylococcus aureus</i>	Ausencia	Ausencia

Fuente: elaboración propia.

**Tabla XLI. Análisis microbiológico de producto terminado, segunda etapa (cuarto mes)**

	Etapa 2 del tratamiento capilar, concentración mínima de activos <i>Ungüento protector térmico &amp; solar con SPF 10 con efecto liso impactante.</i>	Etapa 2 del tratamiento capilar, concentración máxima de activos <i>Ungüento protector térmico &amp; solar con SPF 10 con efecto liso impactante.</i>
Recuento aeróbico total	<10 UFC	<10 UFC
Mohos y levaduras	<10 UFC	<10 UFC
E.Coli	Ausencia	Ausencia
Coliformes totales	Ausencia	Ausencia
Pseudomonas aeruginosa	Ausencia	Ausencia
Staphylococcus aureus	Ausencia	Ausencia

Fuente: elaboración propia.

**Tabla XLII. Análisis microbiológico de producto terminado, tercera etapa (primer mes)**

	Etapa 3 del tratamiento capilar, concentración mínima de activos <i>Spray abrillantador sellador de cutícula.</i>	Etapa 3 del tratamiento capilar, concentración máxima de activos <i>Spray abrillantador sellador de cutícula.</i>
Recuento aeróbico total	<10 UFC	<10 UFC
Mohos y levaduras	<10 UFC	<10 UFC
E.Coli	Ausencia	Ausencia
Coliformes totales	Ausencia	Ausencia
Pseudomonas aeruginosa	Ausencia	Ausencia
Staphylococcus aureus	Ausencia	Ausencia

Fuente: elaboración propia.

**Tabla XLIII. Análisis microbiológico de producto terminado, tercera etapa (segundo mes)**

	Etapa 3 del tratamiento capilar, concentración mínima de activos <i>Spray abrillantador sellador de cutícula.</i>	Etapa 3 del tratamiento capilar, concentración máxima de activos <i>Spray abrillantador sellador de cutícula.</i>
Recuento aeróbico total	<10 UFC	<10 UFC
Mohos y levaduras	<10 UFC	<10 UFC
E.Coli	Ausencia	Ausencia
Coliformes totales	Ausencia	Ausencia
Pseudomonas aeruginosa	Ausencia	Ausencia
Staphylococcus aureus	Ausencia	Ausencia

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIV. **Análisis microbiológico de producto terminado, tercera etapa (tercer mes)**

	Etapa 3 del tratamiento capilar, concentración mínima de activos <i>Spray abrillantador sellador de cutícula.</i>	Etapa 3 del tratamiento capilar, concentración máxima de activos <i>Spray abrillantador sellador de cutícula.</i>
Recuento aeróbico total	<10 UFC	<10 UFC
Mohos y levaduras	<10 UFC	<10 UFC
E.Coli	Ausencia	Ausencia
Coliformes totales	Ausencia	Ausencia
Pseudomonas aeruginosa	Ausencia	Ausencia
Staphylococcus aureus	Ausencia	Ausencia

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLV. **Análisis microbiológico de producto terminado, tercera etapa (cuarto mes)**

	Etapa 3 del tratamiento capilar, concentración mínima de activos <i>Spray abrillantador sellador de cutícula.</i>	Etapa 3 del tratamiento capilar, concentración máxima de activos <i>Spray abrillantador sellador de cutícula.</i>
Recuento aeróbico total	<10 UFC	<10 UFC
Mohos y levaduras	<10 UFC	<10 UFC
E.Coli	Ausencia	Ausencia
Coliformes totales	Ausencia	Ausencia
Pseudomonas aeruginosa	Ausencia	Ausencia
Staphylococcus aureus	Ausencia	Ausencia

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLVI. **Longitud de la hebra del cabello posterior la aplicación del tratamiento**

Formulación de las tres etapas del Tratamiento Capilar con Máxima Concentración de Activos	Longitud (mm) de la hebra capilar. MODELO 1	Longitud (mm) de la hebra capilar MODELO 2	Longitud (mm) de la hebra capilar MODELO 3	Longitud (mm) de la hebra capilar MODELO 4	Longitud (mm) de la hebra capilar MODELO 5
1 mes	800 ± 5mm	480± 5mm	400± 5mm	820± 5mm	480± 5mm
2 meses	790 ± 5mm	475± 5mm	495± 5mm	818± 5mm	478± 5mm
3 meses	779± 5mm	471± 5mm	392± 5mm	809± 5mm	470± 5mm
4 meses	775± 5mm	465± 5mm	380± 5mm	800± 5mm	460± 5mm

Fuente: elaboración propia.

**Tabla XLVII. Resultados cualitativos de la evaluación de apariencia del cabello**

	Formulación del tratamiento capilar completo con mínima concentración de activos	Formulación del tratamiento capilar completo con máxima concentración de activos
Etapa 1 del tratamiento capilar <i>champú y acondicionador reparador con impacto alisante.</i>	Buena apariencia	Buena apariencia
Etapa 2 del tratamiento capilar <i>Ungüento protector térmico &amp; solar con SPF 10 con efecto liso impactante.</i>	Buena apariencia	Buena apariencia
Etapa 3 del tratamiento capilar <i>Spray abrillantador sellador de cutícula.</i>	Buena apariencia	Buena apariencia

Fuente: elaboración propia.

**Tabla XLVIII. Resultados cualitativos de la evaluación de porosidad del cabello**

	Formulación del tratamiento capilar completo con mínima concentración de activos	Formulación del tratamiento capilar completo con máxima concentración de activos
Etapa 1 del tratamiento capilar <i>Champú y acondicionador reparador con impacto alisante.</i>	Porosidad alta	Porosidad alta
Etapa 2 del tratamiento capilar <i>Ungüento protector térmico &amp; solar con SPF 10 con efecto liso impactante.</i>	Porosidad alta	Porosidad alta
Etapa 3 del tratamiento capilar <i>Spray abrillantador sellador de cutícula.</i>	Porosidad alta	Porosidad alta

Fuente: elaboración propia.

**Tabla XLIX. Resultados cualitativos de la evaluación de la elasticidad del cabello**

	Formulación del tratamiento capilar completo con mínima concentración de activos	Formulación del tratamiento capilar completo con máxima concentración de activos
Etapa 1 del tratamiento capilar <i>Champú y acondicionador reparador con impacto alisante.</i>	Elasticidad media	Elasticidad baja
Etapa 2 del tratamiento capilar <i>Ungüento protector térmico &amp; solar con SPF 10 con efecto liso impactante.</i>	Elasticidad media	Elasticidad baja
Etapa 3 del tratamiento capilar <i>Spray abrillantador sellador de cutícula.</i>	Elasticidad media	Elasticidad media

Fuente: elaboración propia.

Tabla L. **Resultados cualitativos de la evaluación de la facilidad de peinado**

	Formulación del tratamiento capilar completo con mínima concentración de activos	Formulación del tratamiento capilar completo con máxima concentración de activos
Etapa 1 del tratamiento capilar <i>Champú y acondicionador reparador con impacto alisante.</i>	Buena facilidad de peinado	Buena facilidad de peinado
Etapa 2 del tratamiento capilar <i>Ungüento protector térmico &amp; solar con SPF 10 con efecto liso impactante.</i>	Buena facilidad de peinado	Buena facilidad de peinado
Etapa 3 del tratamiento capilar <i>Spray abrillantador sellador de cutícula.</i>	Buena facilidad de peinado	Buena facilidad de peinado

Fuente: elaboración propia.

## 5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El material queratinoso que se encuentra en el cabello humano está constituido por largas cadenas polipeptídicas reticuladas entre sí mediante enlaces de disulfuro. Los enlaces de disulfuro actúan manteniendo el cabello en una forma o configuración permanente, la rotura de los enlaces disulfuro permite que las cadenas polipeptídicas funcionen independientemente, posibilitando la deformación de la forma del cabello. Durante el desarrollo de las fórmulas de esta investigación, se logró romper los enlaces disulfuro por medio de un agente reductor conocido como sulfito de sodio, acompañado de otros 3 activos que le conferirían al cabello una mejor apariencia y apoyarían el óptimo desempeño del tratamiento con reacciones paralelas, reduciendo el impacto del daño que todo cambio químico permanente puede ocasionar a las hebras capilares, estos últimos 3 en mención son los aminoácidos de trigo, la queratina hidrolizada y la urea.

El objetivo de este tratamiento capilar se enfoca en el alisado permanente del cabello, para ello se aplicaron 3 etapas, un champú-acondicionador, un ungüento protector térmico y un sellante de cutícula. La etapa crítica de este tratamiento es la segunda, ya que se trata de una loción reductora que fue aplicada en forma espesa, distribuida por todo el cabello, sellada con efecto térmico y mecánico para lograr el rompimiento y reacomodamiento de los enlaces disulfuro. Esto se debe a que, para aumentar la resistencia a la tracción y eliminar los grupos sulfhidrilo como sitios reactivos, es necesaria la oxidación, lo cual se logra sometiendo a altas temperaturas el cabello. Experimentalmente se dejó actuar el ungüento reductor sobre el cabello de 3 modelos con cabellos vírgenes durante 30 minutos y sobre otras 2 modelos

con cabellos procesados o teñidos durante 15 minutos. Estos tiempos fueron estipulados de esta manera para evitar dañar totalmente la estructura del cabello y sus propiedades físicas.

Mediante la rotura de los enlaces disulfuro para formar grupos sulfhidrilo libres colgantes en el cabello, este puede ser conformado o configurado a voluntad, por ejemplo enrollándolo en rulos si se desea rizar o tensándolo en el caso del alisado del cabello. La rotura de los enlaces disulfuro generalmente se realiza de acuerdo con la práctica habitual, que implica la aplicación del agente reductor al cabello. Justo después de esta etapa se puede aplicar calor con el objetivo de reunir de alguna otra forma las cadenas proteicas, si se evalúan estas 2 fases contiguas es posible percibir que se trata de una neutralización.

Los agentes oxidantes o los reactivos reticulantes pueden aplicarse al cabello por sí solos después de la reducción o en combinación con un agente reductor que sea compatible. En el caso de este desarrollo como tratamiento capilar, el agente reductor está en constante relación y compatibilidad con el agente reticulante, que en esta invención se trata de la urea, es por ello que se optó por una última oxidación al someter el cabello a efecto térmico luego de aplicar la segunda y tercera etapa, para asegurar la efectividad de sistema.

Para detallar la metodología de aplicación, la primera etapa fue aplicada como un champú regular, se dejó actuar por 5 minutos y luego se enjuagó a totalidad hasta retirar completamente la espuma. La segunda etapa se aplicó el ungüento con un atomizador, por toda la cabellera, se dejó actuar durante 30 y 15 minutos, según la condición del cabello de la modelo, y luego se procedió a neutralizar el tratamiento con calor, planchando el cabello con el producto, a una temperatura de 210 °C para la formulación con el mínimo de activos y a 190 °C para la formulación con el máximo contenido de activos.



Durante este proceso, se dividió la cabellera en secciones, planchando el cabello por mechones, sometiendo a calor cada mechón por 20 segundos para la dosis mínima y 30 segundos para la dosis máxima, hasta completar el secado del cabello. Por último se procedió a la aplicación de la tercera etapa, el sellante de cutícula, el cual contenía altas concentraciones de aminoácidos de trigo y queratina hidrolizada para terminar de tratar el cabello confiriéndole suavidad y resistencia. Nuevamente, para concluir con esta etapa, se sometió el cabello a un segundo planchado para terminar de reacomodar los puentes disulfuro.

La formulación de las tres etapas fue basada en previos estudios y experiencia en el desarrollo de productos de uso capilar. El objetivo radicaba en conocer la dosis óptima para lograr el desempeño deseado sobre la cabellera del usuario, independientemente de su condición, para ello se emplearon los límites especificados dentro de las fichas técnicas de estos componentes, siendo estos un límite mínimo de acción y un límite máximo de efectividad.

En el desarrollo del primer grupo de fórmulas con un porcentaje mínimo de activos se estipuló para el sulfito de sodio un 3, 5, y 0,5%, de urea 2, 3, 1 %, de aminoácidos de trigo 1, 2 y 1 %, de queratina hidrolizada 1,5, 2,5 y 2 % para la etapa 1, 2 y 3 respectivamente. En el segundo grupo de fórmulas a un porcentaje máximo de efectividad, este se duplicó siendo para el sulfito de sodio un 6, 10 y 1 %, de urea 4, 6, 2%, de aminoácidos de trigo 2, 4 y 2 %, de queratina hidrolizada 3, 5 y 4 % .

Durante la aplicación de estos 2 grupos de fórmulas se evaluaron las condiciones del cabello luego de someterlo a cada etapa. Se seccionó transversalmente la cabellera de cada modelo en 2 partes, aplicando sobre una mitad las formulaciones con dosis máxima y, sobre la otra, las formulaciones

con dosis mínima. Los resultados en las 5 modelos fueron exactamente los mismos para los 4 aspectos evaluados, siendo estos la apariencia, porosidad, elasticidad y facilidad del peinado, los cuales fueron calificados cualitativamente en las tablas XLVII, XLVIII, XLIX y L. En estos resultados se concreta que el cabello sufre daño en su propiedad física de elasticidad al ser expuesto a una dosificación máxima, sin embargo el liso deseado por cada modelo fue percibido a esta dosificación.

Determinar la composición porcentual de emulsificantes fue fundamental en el desarrollo de la segunda etapa del tratamiento capilar, ya que de esta cuantificación dependió la estabilidad de la fórmula. Este porcentaje de emulsionantes homogenizó la incorporación del sulfito de sodio, los aminoácidos de trigo, la queratina hidrolizada y la urea. Se ambicionaba trabajar con una emulsión ligera de fácil absorción, para lo cual se requería una de tipo PIT, este tipo de emulsiones no son comunes, ya que requieren de una inversión de fases por medio de un calentamiento cuidadoso y una estimación exacta de emulsionantes.

Este proceso se da en las disoluciones en que primero se tiene O/W y pasa a ser una W/O, en la que el agua como agente dispersante se invierte para que el dispersante sean aquellas materias primas oleosas, se disgregue por un momento durante el calentamiento y luego regrese a ser una O/W con enlaces de lípidos más pequeños, la cantidad con la que se logró superar la prueba de estabilidad ante la fuerza centrífuga de 13 000 rpm fue de un 2,2 % de agentes emulsificantes, siendo (1 % de ácido estearílico, 0,6 % de cetareth-12, 0,6 % cetareth-20 %).

Se determinó el porcentaje de rendimiento de cada grupo de fórmulas siendo de 77,80, 79,60 y 99 % para las etapas 1, 2 y 3 respectivamente, a una

dosificación mínima de activos. Mientras que para las dosificaciones máximas, se obtuvieron resultados de 78,20, 79,80, 99,20 %. Es evidente que en los dos grupos, tanto en la dosificación máxima como mínima para las etapas 1 y 2, el porcentaje de rendimiento es bajo ya que durante su preparación, las soluciones son expuestas a temperaturas por arriba de los 80 °C, mientras que la última etapa es trabajada en un sistema frío, sin necesidad de calentamiento, por lo que es posible asumir mediante un balance de masa que existe la evaporación de una porción equivalente a la diferencia de los gramos esperados teóricamente, para un rendimiento del 100 %.

Los análisis fisicoquímicos obtenidos evaluando el pH a 25 °C para la primera etapa arrojaron los siguientes resultados; 6,50 para la dosificación mínima y 7,10 para la dosificación máxima, en la segunda etapa 6,35 para el porcentaje mínimo de activos y 7,25 para la dosis máxima de activos, 5,25 y 6,63 para la tercera etapa, cabe deducir que se alcaliniza el medio al incrementar el porcentaje de sulfito de sodio como agente reductor.

Todas las etapas citadas de este desarrollo ponen en contacto el material queratinoso con compuestos que contienen un enlace de sulfuro, lo cual resulta eficaz, preferiblemente cuando se aplica en solución acuosa a pH 6 a 9, para reoxidar dichos grupos sulfhidrilo colgantes a enlaces disulfuro con la consiguiente rotura de su propio enlace de sulfuro.

La consistencia o viscosidad de cada una de las etapas del tratamiento capilar juega un papel importante dentro de su cometido, ya que a partir de este parámetro es posible deducir qué tan factible será la incorporación y aplicación a la cabellera. Los resultados se obtuvieron con dimensionales de centipoises (cP) siendo para la etapa 1, 6 500 cP con un pin 4 a 12 rpm (dosis mínima) 6 500 cP con un pin 4 a 12 rpm (dosis máxima). Para la etapa 2, 3 900 cP con

un pin 5 a 12 rpm (dosis mínima) 3 995 cP con un pin 5 a 12 rpm (dosis máxima). Para la etapa 3, 2 900 cP con un pin 6 a 12 rpm (dosis mínima) 3 100 cP con un pin 6 a 12 rpm (dosis máxima).

Una alta viscosidad reduce el movimiento de las partículas de la fase dispersa evitando la coalescencia, es decir que se junten, proporcionando una mejor estructura definida a la emulsión. Esto se logra utilizando en la formulación agentes con capacidad reológica y estética.

Con base en los resultados obtenidos, posterior a la aplicación del tratamiento en las 5 modelos, se determinó la efectividad del producto en cabellos con diferente estructura y apariencia física, tanto en cabellos lisótricos, cinótricos y ulótricos. La permanencia del producto se estima en 7 meses de efectividad, ya que durante los meses evaluados en cada una de las modelos, el cabello se redujo a la mitad de la longitud inicial, antes de la aplicación del tratamiento.

Se concluyó, con las pruebas experimentales efectuadas sobre el cabello de las 5 modelos, que el conjunto de fórmulas con alta efectividad, es aquel de alta dosificación de activos, por lo cual se llevaron a cabo pruebas de estabilidad únicamente de estas, obteniendo resultados satisfactorios a lo largo de 4 meses, expuestas a 6 ambientes y condiciones diferentes (prueba centrífuga de 13 000 rpm, prueba de microondas 300 MHz, exposición solar, temperatura ambiente 20-26 °C, incubadora 39 °C, 4 °C). El único inconveniente que se presentó fue la pérdida del color rosa, característico del sellador de cutícula, durante el cuarto mes bajo exposición solar, sin embargo, sus propiedades de sellante y alisante continuaban.

Adicional a las pruebas de estabilidad a 6 ambientes, se le practicaron pruebas microbiológicas a cada una de las etapas del tratamiento durante cuatro meses. A partir de los resultados de estas pruebas se generan datos como la posible vida útil del producto y también se garantiza la calidad del producto, ya que existe la posibilidad de multiplicación de microorganismos capaces de deteriorar el producto o, lo que es peor, afectar la salud del consumidor. Se deduce que estas pruebas son esenciales dado que los cosméticos no son productos estériles, es por ello que obligatoriamente en su formulación se deben incluir conservantes, por su susceptibilidad de contaminación microbiana.

Los resultados durante los cuatro meses evaluados cumplieron con las especificaciones de límites microbianos y microorganismos patógenos, establecidos por el RTCA 71.03.45:07, Reglamento Técnico Centroamericano de Productos Cosméticos (verificación de calidad), los cuales son expresados en unidades formadoras por gramo para recuento total de mesófilos aerobios, recuento total de mohos y levaduras y como ausente en la evaluación de patógenos.

Existe actualmente una guía de verificación de buenas prácticas de manufactura para las empresas dedicadas a la manufactura de cosméticos, esta guía contiene todos los requerimientos solicitados para la producción confiable de productos, agregando que todas las empresas en Guatemala son auditadas por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social para cumplir con esta norma estricta y obligatoria.



## CONCLUSIONES

1. La evaluación cualitativa y cuantitativa de las 3 etapas del tratamiento capilar exhibieron resultados satisfactorios en su desempeño. Según evaluaciones físicas de la apariencia, porosidad, elasticidad y facilidad de peinado, se obtuvo mayor afinidad por las fórmulas con dosificaciones máximas de principios activos.
2. La cantidad óptima en gramos de sulfito de sodio ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ) que confirió al cabello el liso deseado, representó el 6, 10 y 1 % en las fórmulas cuantitativas de las etapas 1, 2 y 3 respectivamente, siendo estos porcentajes las dosificaciones máximas de efectividad.
3. La composición porcentual de emulsificantes en la formulación de la segunda etapa, capaz de mantener la estabilidad de una emulsión PIT, al soportar la incorporación de sulfito de sodio, aminoácidos de trigo, queratina hidrolizada y urea fue del 2,2 %.
4. Los porcentaje de rendimiento obtenidos, en la fase de desarrollo del producto son de 77,80, 79,60 y 99 % para las etapas 1, 2 y 3 respectivamente, a una dosificación mínima de activos. Mientras que para las dosificaciones máximas se obtuvieron resultados de 78,20, 79,80 y 99,20 %, se atribuye el bajo rendimiento de las etapas 1 y 2, en ambos casos, a la pérdida de masa del sistema al ser expuesto al calor.





## RECOMENDACIONES

1. En una futura investigación se sugiere el manejo de porcentajes intermedios de activos para validar la efectividad en cada una de las etapas, en rangos inferiores al porcentaje máximo de eficiencia.
2. Evaluar el uso de un agente reductor capilar con mayor efectividad, con el fin de limitar el porcentaje de uso, lo cual permitiría una reducción en los costos de la formulación.
3. Reformular la primera etapa propuesta en esta investigación, en la que los componentes de la fórmula no contengan surfactantes agresivos, libre de sodio y sulfatos.
4. Evaluar una nueva fórmula a base de los activos propuestos, con aplicación en una sola etapa, para conferir al cabello el liso deseado por medio de la reducción y la inmediata reticulación de los grupos sulfhidrilo.



## BIBLIOGRAFÍA

1. BROWN, Theodore; BURDGE, Julia; BURSTEN, Bruce; LEMAY Hally. *Química, la ciencia central*. 9a ed. México: Pearson Prentice Hall, 2004. 149 p.
2. CALVET, Elmer. *Química general aplicada a la industria en prácticas de laboratorio*. 3a ed. España: Salvat, 1959. 256 p.
3. CARRILLO, Concepción; TALAVERANO, Ana; FERNÁNDEZ, Yolanda. *Higiene y esterilización en los salones de peluquería*. 3a ed. España: Paraninfo, 2008. 357 p.
4. CENGEL, Yunus; BOLES, Michael. *Termodinámica*. 5a ed. México: McGraw-Hill Interamericana, 2008. 478 p.
5. FRUTON, John; SIMMONDS, Simmon. *Bioquímica general*. 2a ed. España: Omega, 1961. 789 p.
6. GIRAL, Jonas; MIALL, Sthephen. *Diccionario de química*. 2a ed. México: Atlante S. A., 1953. 147 p.
7. GUTIÉRREZ, José. *Ciencia bromatológica*. 1a. ed. España: Díaz de Santos., 2000. 486 p.
8. HILL, William; KOLB, Doris. *Química para el nuevo milenio*. 8a ed. México: Pearson Prentice Hall, 2000. 741 p.

9. KIRK, Richard; OTHMER, Darius. *Enciclopedia de tecnología química*. 2a ed. México: Unión Tipográfica, Hispano-Americana, 1963. 492 p.
10. MADARAS, Lynda; MADARAS, A. *¿Qué pasa en mi cuerpo? El libro para muchachas*. 3a ed. Estados Unidos: Tobiassen, 2011. 345 p.
11. MARTÍNEZ, Eduardo *Química 2*. 1a ed. México: Thomson Internacional, 2006. 365 p.
12. MARTINI, Marie; CHIVOT, Martine; PEYREFITTE, Gerard. *Dermocosmética y estética 3*. 1a ed. España: Masson S. A., 1997. 163 p.
13. MCCABE, Warren; SMITH, Julian; HARRIOT, Peter. *Operaciones unitarias en ingeniería química*. 7a ed. México: McGraw Hill, 2007. 321 p.
14. MORALES, Albert. *Frutoterapia y Belleza*. 2a ed. España: EDAF S. A., 2005. 421 p.
15. Reglamento Técnico Centroamericano (RTCA 71.03.45 :07), ICS 71.000.
16. TORTORA, Gérard; FUNKE, Berdell; CASE, Chrisine. *Introducción a la microbiología*. 9a ed. Argentina: Médica Panamericana S. A., 2007. 245 p.
17. WADE, Lucia. *Química orgánica*. 5a. ed. España: Pearson Education, 2004.
18. WILKINSON, Julian; MOORE, Ramon. *Cosmetología de Harry*. 7a ed. España: Díaz de Santos, 1990. 283 p.

## APÉNDICES

### Apéndice 1. Muestra de cálculo

#### Cálculo del rendimiento de la formulación

$$\%R_{formula\ i} = \frac{g.e.Fi}{g.t.Fi} * 100 \quad [Ec. 1]$$

Donde:

*g. e. F1* = gramos experimentales de la formula *i* (g)

*g. t. F1* = gramos teóricos de la formula *i* (g)

$\%R_{formula\ i}$  = porcentaje de rendimiento de la fórmula *i* (%)

Ejemplo:

Para obtener el resultado del rendimiento de la etapa 1 del tratamiento capilar con dosis mínima de activos, en la tabla XIII:

$$\%R_{formula\ etapa\ 1\ min} = \frac{389\ g}{500\ g} * 100 = 77,80\ \%$$

Fuente: elaboración propia.

## Apéndice 2. **Imágenes de la parte experimental**

### **Desarrollo de la primera etapa del tratamiento capilar**



### **Desarrollo de la segunda etapa del tratamiento capilar**



Continuación del apéndice 2.

### Desarrollo de la tercera etapa del tratamiento capilar

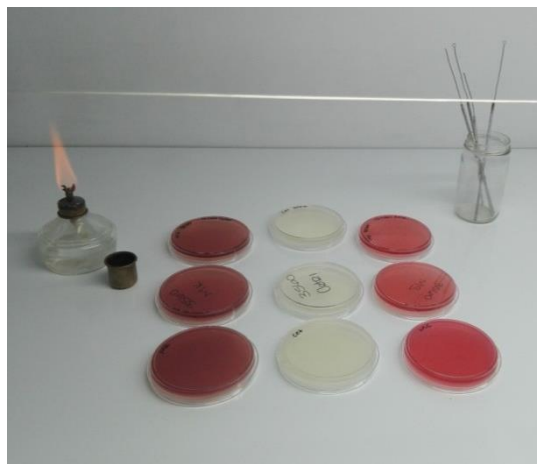


### Sembrados en agar MacConkey, manitol salado y cetrimida

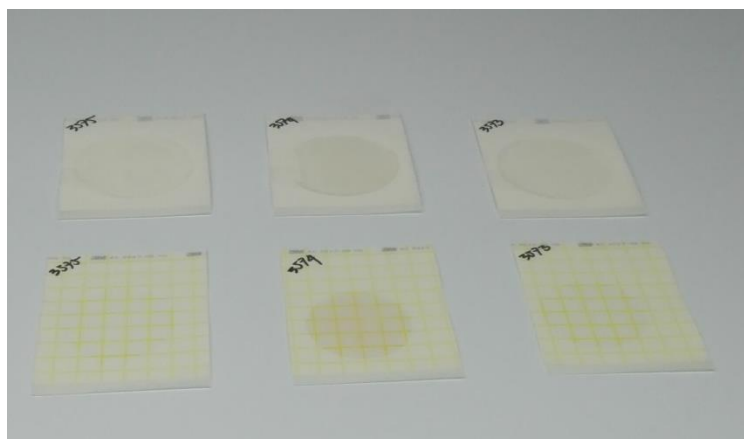


Continuación del apéndice 2.

**Pruebas microbiológicas de bacterias gram negativas y cepas que fermenten la lactosa (en agar MacConkey), gram positivas mientras inhibe el crecimiento de gram negativas (en agar manitol salado) y *Pseudomonas aeruginosa* (en agar cetrimida)**



**Prueba microbiológica en Petrifilm para recuento aerobio, hongos y levaduras de las tres etapas del tratamiento capilar alisante**





Continuación del apéndice 2.

**Incubando pruebas microbiológicas de placas Petrifilm para recuento aerobio, hongos y levaduras de las tres etapas del tratamiento capilar alisante (37 °C)**



**Modelo 1 (cabello ulótrico), modelo 2 (cabello cinótrico), modelo 3 (cabello lisótrico), modelo 4 (cabello lisótrico) y modelo 5 (cabello cinótrico) (la numeración aplica de izquierda a derecha)**



Continuación del apéndice 2.

**Propiedades físicas del cabello de las modelos, antes de ser procesado por el tratamiento capilar permanente (parte posterior)**

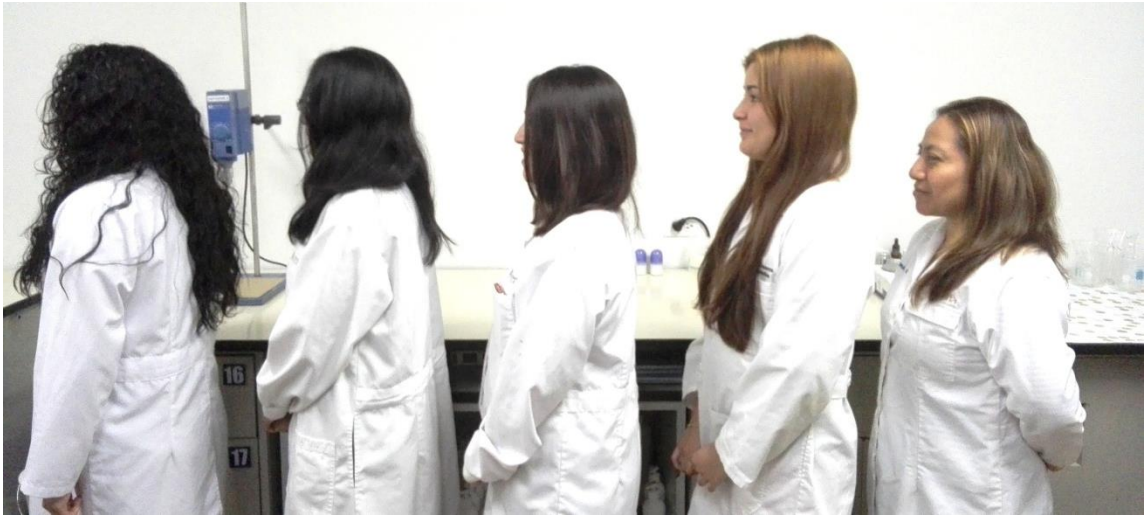


**Propiedades físicas del cabello de las modelos, antes de ser procesado por el tratamiento capilar permanente (perfil derecho)**



Continuación del apéndice 2.

**Propiedades físicas del cabello de las modelos, antes de ser procesado por el tratamiento capilar permanente (perfil izquierdo)**

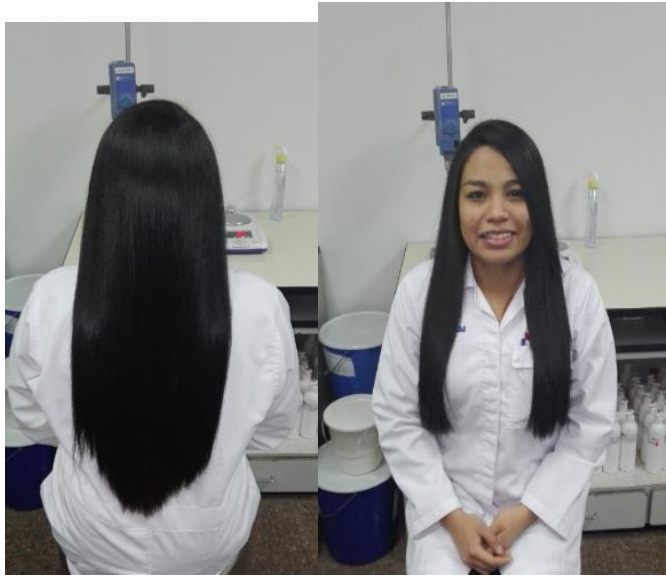


**Modelo 1, Michele Juárez: cabello ulótrico antes de ser procesado por el tratamiento capilar permanente**



Continuación del apéndice 2.

**Modelo 1, Michele Juárez: cabello ulótrico después de ser procesado por el tratamiento capilar permanente**



**Modelo 2, Vikelda Soto: cabello cinótrico antes de ser procesado por el tratamiento capilar permanente**

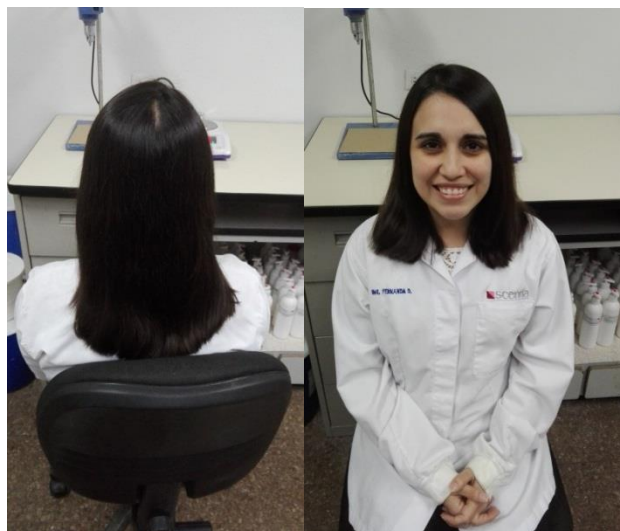


Continuación del apéndice 2.

**Modelo 2, Vikelda Soto: cabello cinótrico después de ser procesado por el tratamiento capilar permanente**



**Modelo 3, Ilse Fernández: cabello lisótrico antes de ser procesado por el tratamiento capilar permanente**



Continuación del apéndice 2.

**Modelo 3, Ilse Fernández: cabello lisótico después de ser procesado por el tratamiento capilar permanente**



**Modelo 4, Stephany Guerra: cabello lisótico teñido, antes de ser procesado por el tratamiento capilar permanente**



Continuación del apéndice 2.

**Modelo 4, Stephany Guerra: cabello lisótrico teñido, después de ser procesado por el tratamiento capilar permanente**



**Modelo 5, Dora Sub: cabello cinótrico teñido, antes de ser procesado por el tratamiento capilar permanente**



Continuación del apéndice 2.

**Modelo 5, Dora Sub: cabello cinótrico teñido, después de ser procesado por el tratamiento capilar permanente**



Fuente: fotografía propia, tomada en Laboratorio Lancasco, S.A.

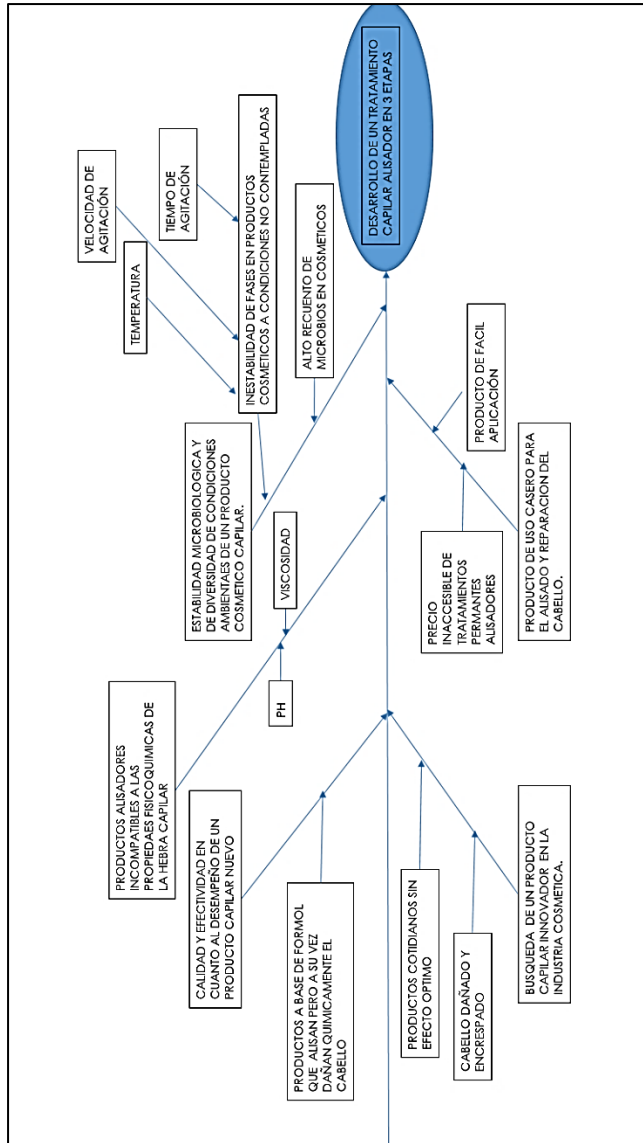


### Apéndice 3. Requisitos académicos

<b>INGENIERÍA QUÍMICA</b>	ÁREA DE QUÍMICA	QUÍMICA 3	Nomenclatura inorgánica
		QUÍMICA 4	Preparación de soluciones
		ANÁLISIS CUALITATIVO	Titulación de soluciones
		ANÁLISIS CUANTITATIVO	Gravimetría & reacciones REDOX
		QUÍMICA ORGANICA	Instauraciones & nomenclatura
		QUÍMICA ORAGANICA 2	Mecanismos de reacción
	ÁREA DE FÍSICOQUÍMICA	TERMODINÁMICA 3	Equilibrio termodinámico
		CINETICA	Velocidad de reacciones simultaneas
	ÁREA DE OPERACIONES UNITARIAS	BALANCES DE MASA Y ENERGÍA IQ1	Balance de masa en procesos industriales
		TRANSFERENCIA DE CALOR IQ3	Convección y conducción
		TRANSFERENCIA DE MASA UNIDADES CONTINUAS	Principios de difusión
		OPERACIONES UNITARIAS COMPLEMENTARIAS	Granulometría
	ÁREA COMPLEMENTARIA	EXTRACCIONES INDUSTRIALES	Aceites fijos
		PROCESOS QUÍMICOS INDUSTRIALES	Proceso de jabones( tensoactivos) & cosméticos
		BIOLOGÍA	Test bioquímicos
		MICROBIOLOGÍA	Conteo aerobio y conteo anaerobio, métodos de cultivo el dentificación de organismos.

Fuente: elaboración propia.

## Apéndice 4. Diagrama de Ishikawa



Fuente: elaboración propia.