



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE QUÍMICA

**PROPUESTA DE METODOLOGÍAS PARA LA EVALUACIÓN DE
DESEMPEÑO DE UN PRODUCTO REPARADOR DE PUNTAS ABIERTAS EN
MECHAS ESTANDARIZADAS Y PANELISTAS.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

QUÍMICA FARMACÉUTICA BIÓLOGA

PRESENTA:

JANETH CRISTAL MORENO YAÑEZ

Ciudad Universitaria, CDMX

2017





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO

PRESIDENTE: **Profesora:** Ma. Guadalupe Lemus Barajas

VOCAL: **Profesora:** María Josefa Bernad Bernad

SECRETARIO: **Profesora:** Luz Antonia Borja Calderón

1er. SUPLENTE: **Profesora:** Lorena García González

2° SUPLENTE: **Profesor:** Carlos Juárez Osornio

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:

Ashland Chemical de México, S.A de C.V.

ASESOR DEL TEMA:

M. en I. Luz Antonia Borja Calderón

SUSTENTANTE:

Janeth Cristal Moreno Yañez

AGRADECIMIENTOS ACADÉMICOS

Un agradecimiento especial a la empresa Ashland Chemical de México S.A. de C.V. por el apoyo y los recursos brindados para el desarrollo de este proyecto, bajo la tutela de la M. en I. Luz Antonia Borja Calderón.

De igual forma, agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México por el apoyo económico brindado para la culminación de este trabajo, mediante el programa Becas para Titulación del Programa de Vinculación con los Egresados de la UNAM, Egresados de Alto Rendimiento.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN.	10
ANTECEDENTES.	10
1. <u>El Cabello.</u>	10
1.1 Composición Química del cabello humano.....	10
1.2 Estructura del cabello.....	15
1.3 Desarrollo y crecimiento del cabello (Ciclo piloso)	19
1.4 Propiedades físicas y mecánicas del cabello.....	20
2. <u>Daños al Cabello.</u>	25
2.1 Efecto del pH.....	25
2.2 Efecto de agentes oxidantes y reductores.....	26
2.3 Efecto del agua.....	26
2.4 Efecto de la radiación.....	26
2.5 Efecto de la temperatura.....	27
2.6 Efecto del cepillado.....	28
3. <u>Puntas abiertas en el cabello.</u>	29
3.1 Mecanismo de generación.....	30
3.2 Tipos de puntas abiertas.....	32
3.3 Factores que propician su generación.....	35
4. <u>Productos Reparadores de Puntas Abiertas.</u>	36
4.1 Tipos de productos.....	37
4.2 Mecanismo de acción.....	38
5. <u>Claims de los Productos Reparadores de Puntas Abiertas.</u>	42
5.1 Sustentación de Claims.....	43
6. <u>Pruebas en panelistas.</u>	44
6.1 Forma de evaluar en panelistas.....	44
6.2 Criterios de inclusión y de exclusión.....	46
6.3 Evaluación sensorial.....	46
7. <u>Evaluación Producto Vs. Benchmark.</u>	47
7.1 ¿Qué es un benchmark?.....	47

7.2 Factores que determinan la elección de un benchmark.....	47
8. <u>Mercado de productos para el cuidado del cabello.</u>	48
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	50
OBJETIVO GENERAL	50
OBJETIVOS PARTICULARES	51
HIPÓTESIS	51
METODOLOGÍAS.	52
1) Materiales y equipos.....	52
2) Formulaciones (control, prototipo, complejo polielectrolito).....	53
3) Ingredientes declarados en el benchmark.....	54
Métodos	
I.Diagramas de fabricación de la fórmula control y prototipo.....	54
II.Preparación de mechass de cabello humano estandarizadas.....	56
III.Producción de puntass abiertass en mechass de cabello estandarizadas con un aparato de daño térmico/mecánico.....	56
IV.Evaluación de desempeño en mechass dañadas.....	57
V.Evaluación post-tratamiento en mechass estandarizadas.....	60
VI.Evaluación en panelistas.....	60
RESULTADOS.	63
A. Porcentaje de puntass abiertass generadas.....	63
B. Evaluación de desempeño Control vs. Prototipo vs. Benchmark.....	63
C. Evaluación post-tratamiento.....	65
D. Evaluación panelistas.....	65
DISCUSIÓN.	66
CONCLUSIONES.	74
BIBLIOGRAFÍA.	76
ANEXO.	80

ÍNDICE DE FIGURAS

INTRODUCCIÓN

Figura 1. Tipos de enlaces presentes en la α -queratina.....	14
Figura 2. Representación esquemática de la unión de las cadenas de α -queratina para la formación de fibras mayores.....	14
Figura 3. División del folículo piloso	16
Figura 4. Partes del bulbo piloso.....	16
Figura 5. Sección de una fibra capilar.....	18
Figura 6. Ciclo capilar	20
Figura 7. Tipos de cabello y vista de las fibras desde un corte transversal.....	31
Figura 8. Mecanismo de formación de puntas abiertas.....	31
Figura 9. Mecanismo para el cepillado del cabello.....	32
Figura 10. Proceso de formación de un complejo polimérico.....	40
Figura 11. Enlaces involucrados en la interacción polímero-queratina.....	40
Figura 12. Acción de las siliconas en el cabello.....	41
Figura 13. Adsorción de proteínas en la cutícula del cabello.....	42

RESULTADOS

Figura 1. Estructura química del Polyquaternium 37.....	68
Figura 2. Estructuras químicas de los componentes del complejo polielectrolito...	69
Figura 3. Mecanismo para la reparación de puntas abiertas.....	70
Figura 4. Mecanismo de reparación de puntas abiertas con el benchmark.....	71
Figura 5. Mecanismo de reparación de puntas abiertas con el prototipo.....	71

ÍNDICE DE TABLAS

INTRODUCCIÓN

Tabla 1. Composición general del cabello humano.....	11
Tabla 2. Composición de aminoácidos en cabello humano.....	12
Tabla 3. Tipos de puntas abiertas, formas y causas.....	32
Tabla 4. Formulación básica en crema para un tratamiento para el cabello.....	38

RESULTADOS

Tabla 1. Porcentaje de daño promedio de las 12 mechas de cabello con un aparato de daño térmico/mecánico, a las 3 y 6 horas.....	63
Tabla 2. Porcentaje de reparación promedio de puntas abiertas para la fórmula control, prototipo y benchmark, antes y después del cepillado.....	63
Tabla 3. Índice de durabilidad (D)	64
Tabla 4. Incremento del porcentaje de daño (prototipo vs. LESS). Antes, después de cepillar y a los 5 minutos de daño térmico	64
Tabla 5. Porcentaje de reparación total promedio después de 7 evaluaciones....	65

ÍNDICE DE GRÁFICAS

INTRODUCCIÓN

Gráfica 1. Importaciones, exportaciones y superávit para el sector de cuidado personal.....	48
Gráfica 2. Cuota del mercado mundial en el sector de cuidado personal.....	49
Gráfica 3. Tamaño del cercado de cuidado del cabello a nivel mundial.....	50

RESULTADOS

Gráfica 1. Porcentaje de reparación de puntas abiertas antes y después del cepillado.....	63
Gráfica 2. Incremento de daño en la evaluación prototipo vs. LESS. Antes, después de cepillas y los 5 minutos de daño térmico.....	64
Gráfica 3. Porcentaje de preferencia de los panelistas para la fórmula prototipo y benchmark.....	65
Gráfica 4. Evaluación sensorial en panelistas.....	66
Gráfica 5. Porcentaje de preferencia en panelistas 7 días después de la aplicación de la fórmula y el benchmark.....	66

TABLA DE ABREVIATURAS

%	Porcentaje	mL	Mililitro
°C	Grado Centígrado / Celsius	mm	Milímetro
α	Alfa	Mo	Molibdeno
β	Beta	NaOH	Hidróxido de Sodio
µm	Microgramo	nm	Nanómetro
Al	Aluminio	Pb	Plomo
Aq.	Acuoso/a	pH	Potencial de hidrógeno
As	Arsénico	pp.	Precipitado
Ca	Calcio	rpm	Revoluciones por minuto
Cbp.	Cantidad bastante para	Sol.	Solución
cm	Centímetro	UV	Ultravioleta
Cr	Cromo	Zn	Zinc
Cu	Cobre		
FD&C.	Grado reconocido por la Ley Federal de Alimentos, Fármacos y Cosméticos (siglas en inglés)		
g	Gramo		
H₀	Hipótesis nula		
H₁	Hipótesis alterna		
Mg	Magnesio		

INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES

1. El Cabello

Para la sociedad, el cabello representa una importancia psicológica y social, cuya principal función es proteger la piel de factores externos del medio ambiente como los rayos solares, el frío y la contaminación. Además, de adaptarse a cambios climáticos con mudas periódicas de fibras de cabello viejas y su sustitución por nuevas, así como a daños químicos, que lo dejan susceptible a la degradación mecánica. Es un órgano altamente sensible y con una gran replicación celular, presenta gran cantidad de terminaciones nerviosas, que lo proveen de sensibilidad a la presión y al tacto.

De todas las funciones que tiene el cabello, el impacto social y en el individuo mismo es el de más repercusión. La forma del cabello es una de las características hereditarias más importantes y exactas (Suro, Gutiérrez, Ruíz & Bouhana, 2007). Cuando el cabello es liso y recto la vista transversal se observa circular, cuando es ondulado la vista es oval y al ser rizado es elíptico.

El cabello es un biomaterial filamentosos que presenta una compleja estructura interna. En los adultos, tiene un ancho de alrededor de 20 – 180µm y generalmente tiene una longitud aproximada de 90cm.

1.1 Composición Química.

El cabello está formado por lípidos (ácidos grasos libres, alcoholes grasos), ésteres, agua, oligoelementos (Pb, As, Cr, Cu, Mo, Zn, Ca, Mg, Al, etc.) y pigmentos (como la melanina). Los principales componentes responsables de las propiedades fisicoquímicas son las proteínas, especialmente la queratina (García, 2014). También se encuentran presentes pequeñas cantidades de sustancias solubles en agua, como son pentosas, fenoles, ácido úrico, glicógeno, ácido glutámico, valina y leucina (Wikilson & Moore, 1990)

Hay varios elementos presentes en el cabello, los cuales son utilizados para la creación de aminoácidos y posteriormente proteínas. La composición promedio de las fibras capilares es: 45.2% Carbono, 27.9% Oxígeno, 15.1% Nitrógeno, 6.6% Hidrógeno, 5.2% Azufre (Susaita, 2003).

En la **Tabla 1** se observa la composición general del cabello humano, donde aproximadamente el 91% del cabello es proteína, creado de largas cadenas de aminoácidos. Los lípidos están asociados principalmente con las membranas celulares que separan a los demás componentes del cabello (Swift & Bews, 1974). El zinc es el sobrante de procesos enzimáticos en el folículo, responsables del endurecimiento de la fibra.

Tabla 1. Composición general del cabello humano.

Componente	Contenido aproximado en %m/m en cabello seco
Proteínas	91.0
Lípidos	4.0
Carbohidratos	1.0
Enlaces sulfuro – proteína	4.7
Cenizas	0.5
Zinc	200 ppm

1.1.1 Queratina

El cabello humano está compuesto principalmente por queratina, la cual es un polímero de condensación de aminoácidos, producto final del proceso de queratinización que tiene lugar en el folículo (Wikilson & Moore, 1990). Rica en azufre, se encuentra formada por largas cadenas de aminoácidos unidos entre sí, principalmente de cisteína, compuesta de grupos tiol (-SH). Dependiendo la proporción de éste aminoácido es la dureza de la queratina.

En la **Tabla 2** se muestra la composición de aminoácidos presentes en el cabello obtenida a partir de un análisis regular de aminoácidos seguida de una

hidrólisis ácida (Swift & Bews, 1974). El aminoácido cistina es el principal responsable de la resiliencia química y estructural del cabello, es decir, de su capacidad de recuperar su estructura al someterse a una deformación.

Tabla 2. Composición de aminoácidos en cabello humano.

Aminoácido	Estructura	Contenido en % residual
Cisteína		0.34
Ácido aspártico		5.77
Treonina		7.45
Serina		11.52
Ácido glutámico		12.95
Prolina		6.80
Glicina		6.11
Alanina		4.62
Valina		4.98
Cistina		16.73
Metionina		0.21

Isoleucina		2.54
Leucina		6.49
Tirosina		2.14
Fenilalanina		1.65
Lisina		2.49
Histidina		0.71

Las cadenas de aminoácidos que forman la queratina presentan una estructura helicoidal, conocida como α -hélice o α -queratina. Mediante una atracción electrostática dada por puentes de hidrógeno, esta estructura es estable; la interacción se da entre los átomos de hidrógeno y oxígeno pertenecientes a dos aminoácidos de una misma cadena queratínica. Al ser enlaces débiles se rompen con facilidad por agentes como el agua, el calor y el estiramiento mecánico, al ocurrir esto la α -queratina pasa a una conformación de β -queratina o lámina plegada, una estructura más laxa (García, 2014).

Por cada tres cadenas de α -queratina unidas entre sí, se forma una protofibrilla. La cual se une mediante enlaces disulfuro, puentes de hidrógeno y puentes salinos, para mantener una estructura estable (**Figura 1**). Entre 5 y 11 protofibrillas se unen para formar las microfibrillas, que a su vez se unen para dar origen a las fibrillas; estas últimas son estabilizadas mediante puentes de hidrógeno, se encuentran presentes en las células corticales cementadas por una matriz proteica (**Figura 2**).

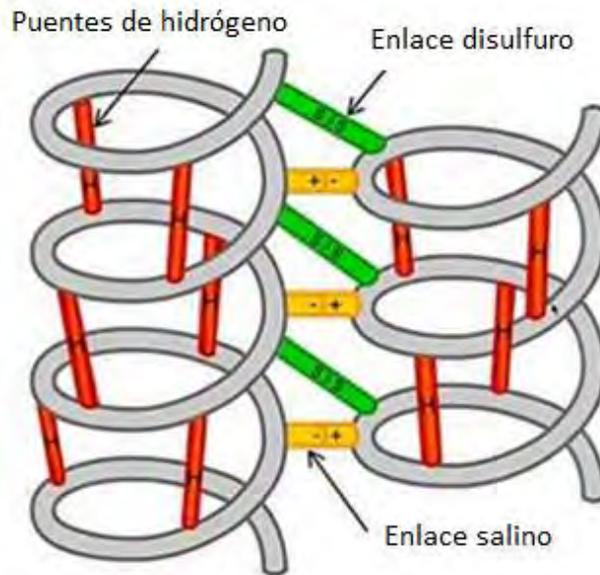


Figura 1. Tipos de enlaces presentes en la α -queratina

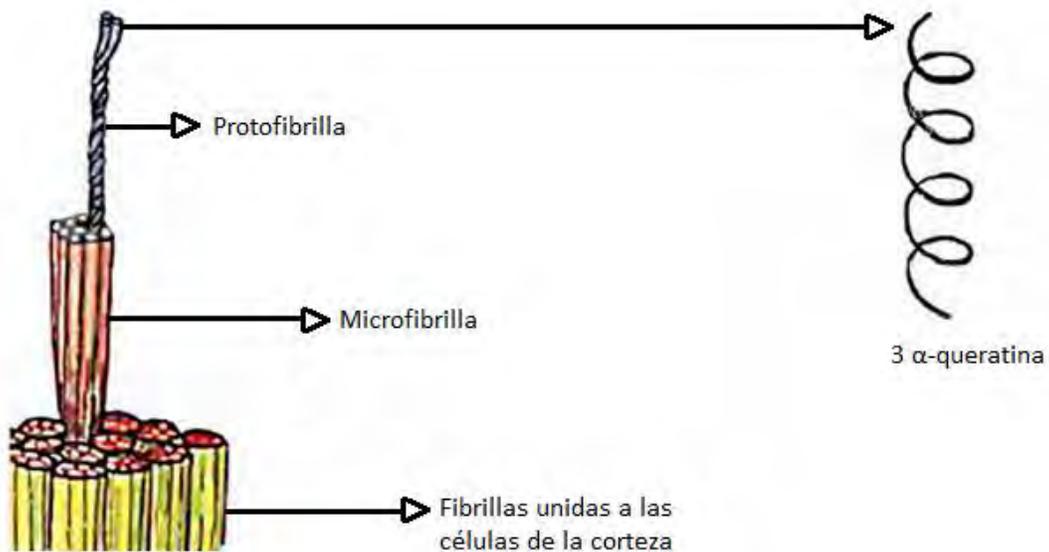


Figura 2. Representación esquemática de la unión de las cadenas de α -queratina para la formación de fibras mayores.

Los enlaces más fuertes presentes en la queratina son los disulfuro, también conocidos como puentes de azufre o cistínicos y se forman entre dos moléculas de cisteína pertenecientes a cadenas diferentes. Son los responsables de mantener la estructura de la queratina (**Figura 1.**), además de los puentes de hidrógeno y los salinos. La unión de estos enlaces contribuye a la solidez y resistencia del cabello, además tienen la posibilidad de transformarse cuando son alterados.

Si los puentes de azufre se rompen por acción de agentes de reductores (utilizados principalmente para los cambios en la ondulación del cabello), los puentes salinos aseguran que el cabello no se rompa, y viceversa.

1.2 Estructura del cabello.

El cabello es una estructura compuesta a partir de células corticales en forma cilíndrica y alargada, envuelta por varias capas de células planas de la cutícula (Wickett & Winkle, 2012). Al ser un anexo cutáneo, presenta diversas estructuras en las que podemos observar dos partes. La parte externa o visible llamada tallo piloso (fibra capilar) y la parte no visible y profunda en el interior de la piel, conocida como raíz pilosa. Mientras que el tallo está compuesto de células queratinizadas y desvitalizadas, la raíz es la parte viva del cabello, en la que se encuentran células somáticas.

1.2.1 La raíz

Compuesta por células no queratinizadas, se encuentra envuelta en una cavidad longitudinal de la epidermis denominada folículo piloso.

El folículo piloso está formado por múltiples estructuras. Presenta un segmento inferior y uno exterior, ambos situados dentro de la piel, entre la dermis y la epidermis. En el segmento inferior se encuentran presentes *el bulbo y el tallo*. Desde el desarrollo del feto, el folículo piloso se origina en la capa superior de la piel. Una lámina de epidermis situada sobre una agregación de células dérmicas, se invagina en el interior para formar una bolsita que engloba una papila de dermis con la que se forma el bulbo del pelo. Al interior del bulbo se encuentra la papila folicular, y en ella, las células madre, melanocitos, melanosomas, además de capilares arteriales y venosos que nutren al cabello (Guzmán, Alfaro & Sandoval-Tress, 2010); de este bulbo la fibra capilar crecerá.

El cabello nace de las células madre, las cuales crecen directamente debajo de las glándulas sebáceas. Cuando crecen las células pierden su núcleo y se diferencian a células queratinizadas.

El segmento superior se divide en dos porciones: *istmo e infundíbulo*. El primero, se ubica desde el sitio de inserción del músculo erector del pelo hasta la glándula sebácea; y el infundíbulo, desde la glándula sebácea hasta donde emerge el pelo propiamente dicho a la superficie de la piel. (**Figura 3.**)

Por otra parte, las capas que cubren al bulbo y al tallo desde su interior hacia el exterior son: la corteza del tallo, la cutícula del tallo y la vaina radicular interna (VRI), que a su vez consta de tres capas; la cutícula de la VRI, la capa de Henle y la capa de Huxley (Guzmán, *et. al*, 2010). La siguiente capa que recubre a la anterior es la vaina radicular externa (VRE), a la cual sigue el estrato basal (que corresponde a la invaginación de epidermis) y por último la membrana vítrea. (**Figura 4.**)

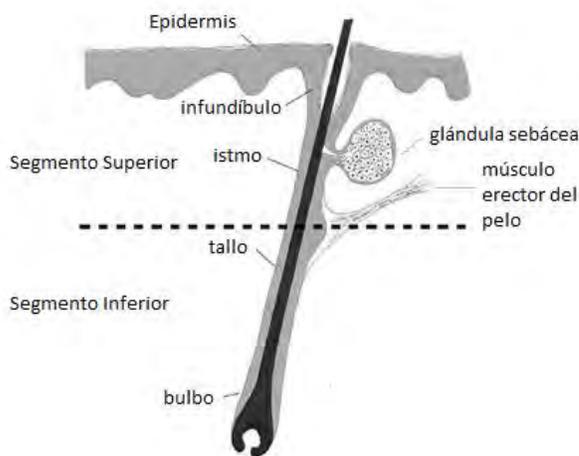


Figura 3. División del folículo piloso

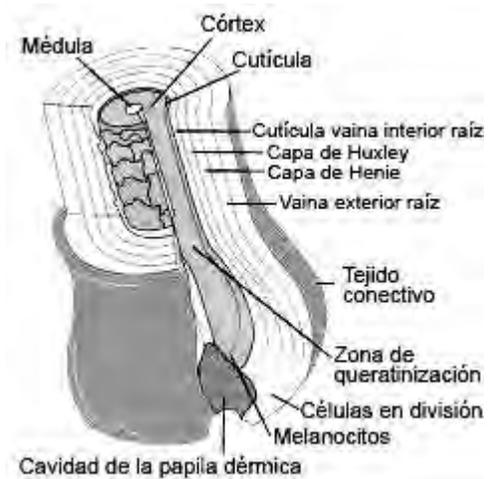


Figura 4. Partes del bulbo piloso

1.2.2 El tallo

Al ser la parte externa se encuentra compuesto por células queratinizadas sin núcleo. Se pueden distinguir tres capas, la parte central formada por la médula y dos capas envolventes: una media, llamada corteza o córtex y una externa denominada cutícula.

- **Medula:** es la parte interna del cabello, se presenta de manera escasa en el tallo y puede o no presentar pigmentos, además las células que la componen se encuentran poco queratinizadas con pequeñas cantidades de lípidos. Su función no se encuentra especificada.

- **Córtex o corteza:** forma la mayor parte de la estructura del cabello, al ser la parte central del tallo, es la más sólida y la más importante. El diámetro del cabello es proporcional al número de células que se encuentren en fase de mitosis en el bulbo, y a su vez la resistencia del pelo depende su estado. En esta capa se encuentra presente la melanina responsable del color del cabello. La célula cortical presenta una composición del 40% de una matriz proteínica amorfa con alta cantidad de azufre y el 60% restante es proteína queratínica fibrilal. Algunas hélices α de queratina son agrupadas para formar microfibrillas inmersas en la matriz proteínica. A su vez estas microfibrillas se agrupan para formar macrofibrillas, orientadas longitudinalmente dentro de la célula y unidas por enlaces transversales a la matriz con alta cantidad de azufre. (**Figuras 2 y 5.**) Existen dos zonas corticales: el *ortocortex*, con menor densidad de fibrillas y una mayor proporción de matriz amorfa proteínica, y el *paracortex* donde la cantidad de fibrillas es mayor y menos matriz proteínica.

Las diferentes proporciones entre ortocortex y paracortex, determina la formación del rizo en el cabello.

- **Cutícula:** Es la parte más externa del tallo y está formada por células aplanadas y sin pigmento (translúcidas) que se superponen unas sobre otras, protegiendo a las estructuras internas. El aspecto saludable, con brillo y suavidad dependen del estado de la cutícula. Hay aproximadamente entre 8 y 11 capas de cutícula, las cuales se sobreponen en la dirección distal de la fibra capilar, en las que solamente 1/6 de las células de la cutícula son expuestas. Las células cuticulares son células muertas que contienen queratina con una consistencia dura; además, poseen una zona externa llamada *epicutícula*, la cual es rica en cistina y presenta una gran estabilidad bioquímica y con resistencia a las agresiones químicas y físicas. La *exocutícula* es una zona más interna, rica en azufre (15% corresponde al aminoácido cistina) y sin estructura fibrilar (Font, 2004), corresponde al 55% de la cutícula y físicamente es rígida.

La *endocutícula* es una capa con una cantidad baja de cistina (aproximadamente un 3%), físicamente es una capa suave comparada con las otras y al entrar en contacto con agua se expande (Velasco *et al.*, 2009).

Otra capa de la cutícula es el *complejo de membrana celular* (CMC), el cual consiste en células de la membrana y un material adhesivo que une a las células de la cutícula y de la corteza en las fibras de queratina (Robbins, 2009), dando cohesión, fuerza y elasticidad al cabello. El ácido 18-metil eicosanocico (18-MEA) es uno de los lípidos más importantes en el CMC, ya que se une de manera covalente a la superficie externa del cabello y a su vez une a las células del complejo con las proteínas de queratina; es el principal lípido que contribuye a las propiedades de peinado en húmedo y seco (Velasco *et al.*, 2009).

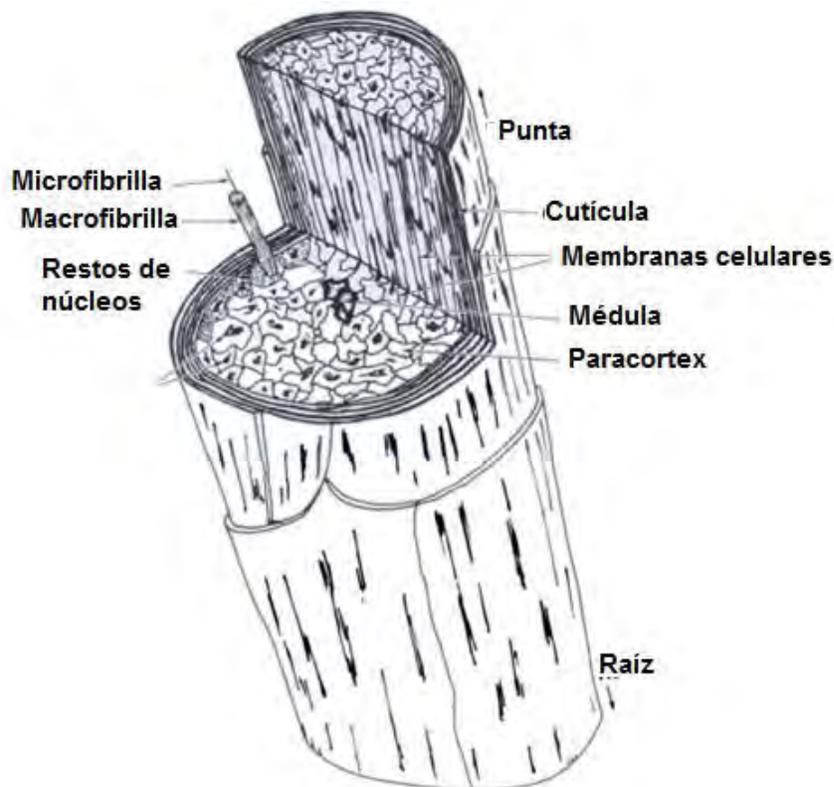


Figura 5. Sección de una fibra capilar. Imagen tomada de Wikilson & Moore (1990).

Las células más importantes en el cabello son los melanocitos, queratinocitos y las células madre. En la papila folicular, la matriz proteínica amorfa y en la vaina radicular interna, se encuentran los melanocitos, productores de melanina. Los queratinocitos se encuentran en la capa más externa del cabello, estas células son

productoras de queratina, cuando el proceso de queratinización se completa, la célula sufre apoptosis y muere (Alda, 2015). En cuanto a las células madre, estas producen melanocitos y queratinocitos, o bien al encontrarse en la papila folicular producen células que se diferencian hasta formar el tallo piloso.

1.3 Desarrollo y crecimiento del cabello (Ciclo piloso).

El ciclo vital del cabello se realiza durante tres fases: la fase anágena, catágena y telógena (**Figura 6.**). El ciclo de cada folículo es independiente de los otros folículos y su desarrollo se determina genéticamente. Se tiene determinada una pérdida normal de 100 cabellos por día. El número de cabellos en el cuero cabelludo es alrededor de 90,000-130,000 y varía entre grupos étnicos (Zhang & Yang, 2012), aunque cambia a lo largo de la vida, ya que con la edad la densidad de folículos capilares en la superficie de la piel decrece.

✓ Fase anágena:

Es la fase de crecimiento, su duración es entre 4 y 6 años. En esta fase el cabello se encuentra pegado a la papila dérmica donde nace y crece. El cabello crece constantemente, ya que las células de la matriz del folículo se dividen por mitosis periódicamente, es por esto que la forma del folículo es más ancha en el bulbo que en el tallo, además persiste una actividad queratogénica en la raíz y con esto el tallo crece. El ritmo de crecimiento varía en cada persona, pero se estima un crecimiento entre 0.2 – 0.5 mm por día, aproximadamente. Esta fase representa al 85% del cabello total.

✓ Fase catágena:

Es una fase de transición o de regresión de la actividad folicular, dura aproximadamente 3 semanas y afecta al 1% de los cabellos. Durante esta fase el crecimiento se detiene, así como la queratogénesis. La raíz se separa de la papila folicular, el cabello se desplaza hacia arriba por el interior del folículo retenido por su unión a la membrana basal, mientras que el bulbo toma un aspecto cilíndrico.

✓ Fase telógena:

Es la fase de descanso y caída del cabello, tiene una duración de 3 meses aproximadamente y en ella se encuentran el 14% restante de los cabellos. Es una etapa de inactividad folicular, por lo que pasado ese tiempo se forma una nueva matriz celular en la papila y en ciclo vuelve a iniciar. Cuando crece el nuevo cabello, empuja hacia el exterior al antiguo hasta que éste se desprende.

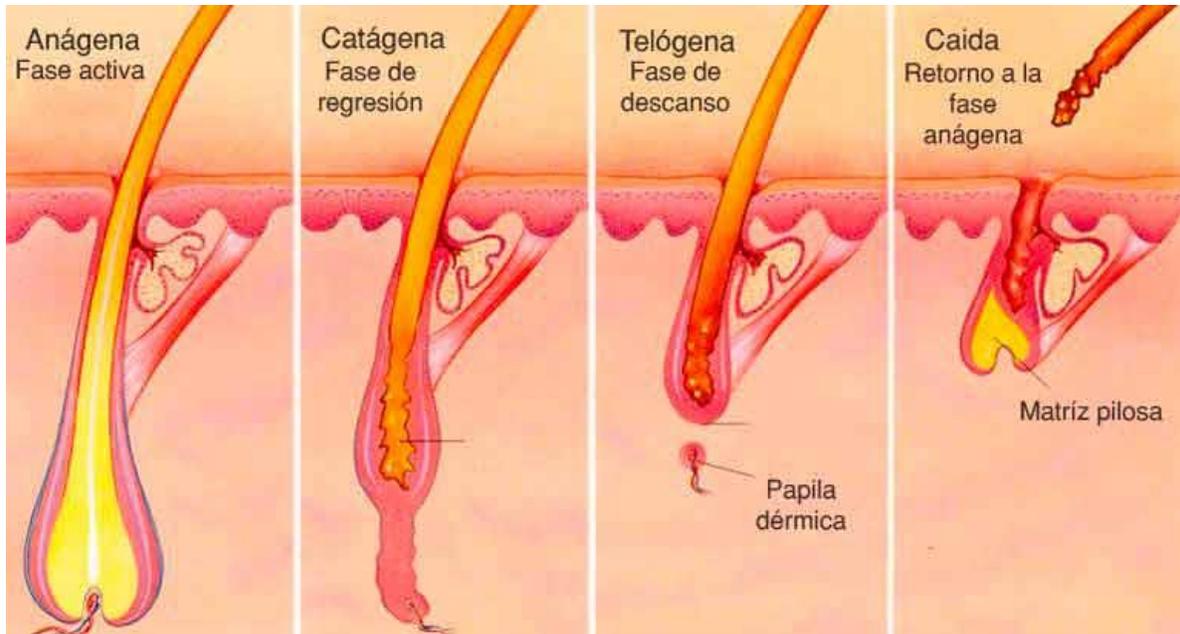


Figura 6. Ciclo capilar

1.4 Propiedades físicas y mecánicas del cabello.

El cabello presenta diversas propiedades físicas y mecánicas, las cuales dependen en su mayoría de la geometría y del diámetro de las fibras (Velasco *et al.*, 2009), así como de las células corticales; estas dominan las propiedades mecánicas del cabello ya que contienen cadenas de α -queratina. Esta estructura altamente simétrica conduce a un comportamiento mecánico complejo (Wickett & Winkle, 2012).

El cabello es un sólido viscoelástico, debido a los mecanismos de estrés-relajación, dependientes de tiempo, temperatura y humedad relativa. El comportamiento viscoso resulta de los procesos de flujo en las proteínas del cabello,

principalmente en las proteínas presentes en las microfibrillas (Wickett & Winkle, 2012)

Las propiedades mecánicas del cabello incluyen: permeabilidad, resistencia a la tracción y a la temperatura, elasticidad y plasticidad. Otras propiedades físicas son: grado hidrofílico, brillo, punto isoeléctrico, fricción, carga estática y la facilidad de peinado.

- **Permeabilidad:**

Es la capacidad que tienen las fibras capilares de absorber agua. La queratina tiene una gran atracción por la humedad del ambiente, cada fibra puede llegar a absorber una tercera parte de su peso; esto produce alteraciones en la longitud, diámetro y forma del cabello, ya que el agua produce una ruptura de los puentes de hidrógeno de la α -queratina, pasando a una estructura de β -queratina.

Esta propiedad depende directamente de la cutícula, cuando ésta se encuentra dañada o alterada, aumenta la porosidad del cabello permitiendo la entrada de sustancias fácilmente.

- **Resistencia a la tracción y temperatura**

La resistencia a la tracción es el esfuerzo al que está sometido el cabello por dos fuerzas opuestas que tienden a alargarlo y la cantidad de peso que soporta antes de romperse. Dicha propiedad se define por su estructura y composición química, relacionada directamente por su contenido de azufre y la estructura compacta de la queratina. El cabello es increíblemente fuerte; la queratina en el córtex es la responsable de esta propiedad, sus largas cadenas son comprimidas para formar una estructura regular la cual, además de ser fuerte es flexible (Universidad de Andalucía, 2010; Robles *et al.*, 2009). Esta característica propia de cada material se denomina módulo de elasticidad o módulo de Young.

El peso necesario para romper una fibra del cabello, es de 50-100g. Si en promedio se tienen 120000 cabellos, estos podrían soportar hasta 12 toneladas de peso. La resistencia a la ruptura es función del diámetro de la fibra, de la condición del córtex y si está afectado negativamente por tratamientos químicos, que cambien

la conformación de los aminoácidos de las proteínas (Velasco *et al.*, 2009), además de las variaciones genéticas, raciales e individuales.

La fuerza tensorial depende de los puentes disulfuro presentes en el cabello. Al estirar un cabello, la longitud de las células de la corteza aumenta, por lo que se modifica la estructura de la queratina y los puentes de hidrógeno se debilitan. Si la tensión aumenta los puentes disulfuro se rompen y en un determinado caso las membranas celulares. Si la fuerza disminuye o cesa, se forman nuevos puentes disulfuro y de hidrógeno, produciéndose una recuperación elástica (García, 2014).

El cabello es una estructura resistente al calor, resiste temperaturas superiores a 140°C de calor seco y 220°C en calor húmedo (UA, 2010). En ambos casos el cabello presenta un cambio en la estructura de la queratina, cambiando de forma.

- **Elasticidad**

El cabello puede variar de forma, longitud y volumen, cuando se le aplica una fuerza y volver a su forma original cuando dicha fuerza cesa. La elasticidad del cabello se relaciona con la unión entre las moléculas de queratina y su capacidad de pasar de la forma α a la β . Cuando el cabello se encuentra seco puede alcanzar un estiramiento del 20-30% de su longitud y en contacto con agua alcanzar un 50%. Las moléculas de agua se sitúan entre las moléculas de queratina y rompen los puentes de hidrógeno, facilitando el cambio de forma en la queratina. Algunos factores como la humedad, la temperatura, los rayos UV y tratamientos químicos y físicos, afectan esta propiedad.

- **Plasticidad**

Esta propiedad nos permite cambiar la forma del cabello, a través del color y los productos químicos, sin que éste recupere su forma natural inmediatamente. La estructura queratínica con un comportamiento plástico mayor es la β -queratina, debido a que presenta una menor cantidad de puentes de hidrógeno, por lo que se puede modelar con mayor facilidad (García, 2014).

- **Carga estática**

Esta propiedad se produce por fricción debido al deslizamiento del cepillo por el cabello, generando una alta resistencia eléctrica haciendo difícil el cepillado. La dispersión de cargas estáticas está en función de la conductividad de las fibras o la resistencia eléctrica.

Este fenómeno se debe a la configuración superficial de la cutícula, principalmente por los grupos funcionales libres de la queratina. Las células de la cutícula se encuentran superpuestas unas sobre otras, lo que genera una superficie rugosa que se altera fácilmente por fricción. Al cepillar el cabello hay una transferencia de electrones entre las fibras capilares y el cepillo, por lo que cada cabello adquiere una carga eléctrica negativa repeliéndose entre sí.

- **Poder hidrofílico**

El cabello tiene la capacidad de absorber agua tanto en forma líquida y de vapor. La queratina tiene una alta afinidad por el agua, puede absorber hasta el 40% de su peso. Esta propiedad aumenta con la temperatura, los cambios de pH y los solventes polares, debido a que los puentes de hidrógeno se rompen favoreciendo la hidratación y el cambio en la elasticidad de la fibra, además de interferir con el diámetro y la viscosidad interna del cabello (Velasco *et al.*, 2009).

Las fibras capilares tienden a ser permeables al agua, con la cual pueden aumentar su diámetro en un 15-10% y su longitud en un 0.5-1.0%. Esta capacidad de absorción y aumento de tamaño depende del pH del medio, generalmente favorecida por pH alcalinos.

Por lo general, el cabello presenta una resistencia al aumento de tamaño por la absorción de agua y se debe a la existencia de enlaces que mantienen la integridad reticular, los cuales evitan la entrada de un número de moléculas superior al existente entre las cadenas de proteínas.

- **Fricción**

Es la fuerza de resistencia al movimiento cuando un cuerpo se desliza sobre otro, en el cabello la superficie de la cutícula tiene un alto coeficiente de fricción debido a su forma, a la geometría de la cutícula y al estado físicoquímico de cabello. El continuo desgaste de las fibras capilares, afectan principalmente a la cutícula. Existen varios factores que influyen en la fricción: la humedad relativa, la decoloración del cabello, la ondulación y alaciados permanentes, y los champús incrementan la fricción, en este último caso la adición de agentes acondicionadores disminuye el coeficiente de fricción.

- **Punto isoeléctrico**

La superficie del cabello presenta una carga eléctricamente neutra a un pH de 3.8, denominado punto isoeléctrico. Cuando la cutícula entra en contacto con productos con un valor mayor a 3.8, los grupos amino (NH_3^+) pierden su carga y el cabello se encuentra cargado negativamente. Sin embargo, en valores menores al punto isoeléctrico, hay una mayoría de cargas positivas, puesto que los grupos carboxilos (COO^-) se protonan y neutralizan, predominando el grupo amino. Esto influye principalmente en la cutícula del cabello, permitiendo que la conformación de las proteínas cambie.

- **Brillo**

Físicamente es la manera en la cual el cabello refleja y difunde la luz. Siendo la cutícula la responsable de esta propiedad, por lo que cualquier daño a la cutícula, las partículas de polvo y las secreciones del cuero cabelludo (sebo y otros aceites), reducen el brillo. Cuando un haz de luz entra en contacto con la superficie capilar, una parte se refleja, otra se absorbe y una tercera parte se dispersa (Velasco *et al.*, 2009), la cantidad de luz que se distribuye en estas tres partes depende de la geometría de superficie, del índice de refracción de la fibra y del ángulo de incidencia de la luz.

Algunos factores que influyen en la percepción del brillo son: la reflexión, la dispersión y el alineamiento de la luz, el color, el tipo de cabello (rizado, ondulado o lacio) y la presencia o ausencia de una película sobre las fibras del cabello.

- **Facilidad de cepillado**

Es la percepción subjetiva de la facilidad o dificultad para cepillar el cabello y se relaciona con la fuerza de resistencia hacia la acción de cepillar, otros factores relacionan esta propiedad con la manejabilidad y el daño mecánico que ocurre al desenredar el cabello.

2. Daño al cabello

La fibra capilar en crecimiento fuera del folículo por naturaleza se encuentra en buenas condiciones, por lo que el continuo daño se debe a factores externos que actúan en ella. La estructura del cabello permite la interacción de varios factores que causan su permanente erosión, algunos de ellos son los factores químicos, mecánicos térmicos y de radiación.

El daño causado en el cabello se relaciona con la química de la cistina, ya que al ser el aminoácido en mayor proporción en el cabello y responsable de formar en su mayoría los puentes disulfuro, los agentes químicos y físicos afectan dichos enlaces generando un daño en la cutícula del cabello. Los puentes de hidrógeno también juegan un rol importante, ya que si se rompen se desestabiliza la estructura de la queratina, causando el deterioro de la fibra.

El único tipo de daño que no se relaciona con la vía química, involucra la erosión mecánica de la cutícula y se da durante el cepillado del cabello.

2.1 Efecto del pH

El pH afecta principalmente a los enlaces disulfuro y los puentes de hidrógeno de las proteínas en el cabello. La variabilidad en el daño dependerá del punto isoeléctrico del cabello y del pH al cual se esté sometiendo el mismo. A un pH ácido las capas de la cutícula se contraen y se tensan, ya que las cadenas de proteínas

de protonan incrementando el número de puentes hidrógeno, mientras que a un pH alcalino estas capas se suavizan y se expanden.

Existen tres mecanismos que describen el efecto del pH en los enlaces disulfuro de la queratina: *hidrólisis*, *α -eliminación* y *β -eliminación*. Degradando principalmente al aminoácido cistina.

2.2 Efecto de agentes oxidantes y reductores

Otro tipo de daño a la cutícula es mediante el contacto de agentes con poder oxidante y reductor, los cuáles de igual manera que los efectos del pH atacan a los enlaces disulfuro. Los agentes reductores se encuentran principalmente en los productos para generar ondas permanentes en el cabello, mientras que los colorantes en los tintes se consideran agentes oxidantes.

2.3 Efecto del agua

Se conoce que el agua aumenta el tamaño y el diámetro de las fibras del cabello, este efecto es anisotrópico, puesto que depende de la humedad relativa del ambiente, además, de incrementar la fuerza de estiramiento de los enlaces disulfuro un 16% (Popescu, 2012). Por lo que se facilitan las reacciones que dañan a los puentes disulfuro y con esto pasar de una forma compacta de la queratina a una más laxa.

El agua también tiende a romper los puentes de hidrógeno y al hacerlos la mecanicidad de las fibras es afectada, es decir su elasticidad, además de su viscosidad.

2.4 Efecto de la radiación

La radiación produce una fotodegradación del cabello, induciendo un daño en la queratina y melanina del mismo. El mecanismo consiste en que la cistina y los residuos aromáticos de tirosina, fenilalanina y triptófano absorben la luz dentro de una longitud de onda en el intervalo de los rayos UVA y UVB (254 – 345nm), formando radicales libres que provocan la ruptura de los enlaces disulfuro, se disminuye la resistencia del cabello, los bordes de la cutícula dejan de ser lisos y

pierden su cohesión lo que facilita la agresión de las capas más internas (Font, 2004).

Otro efecto que causa la radiación es un proceso conocido como fotoblanqueamiento, en este caso la melanina presenta un daño por lo que no puede ejercer su rol de proteger a la fibra de la luz, de igual modo los granos de melanina presentes en el córtex no ejercen una fotoprotección. Por otra parte, existe una destrucción de lípidos que proveen hidrofobicidad a la superficie del cabello, que contribuyen a la suavidad y flexibilidad. También se produce una degradación de histidina, lisina y prolina que provoca la decoloración del cabello.

2.5 Efecto de la temperatura

Cuando el cabello entra en contacto con superficies calientes o aire caliente se genera una degradación térmica, afectando principalmente a la cutícula en especial a la epicutícula, al córtex, el complejo de membrana celular y la fase cristalina. Los intervalos específicos de temperatura generan diversos procesos en las fibras del cabello; entre 50-120°C hay una remoción de agua en el córtex, a 140-170°C existe un estado intermedio en la matriz amorfa y a temperaturas mayores a 220°C la queratina se desnaturaliza.

El incremento de la temperatura es distribuido equitativamente a través de los enlaces químicos (disulfuro, puentes de hidrógeno, enlaces iónicos) en el cabello, a su vez la energía vibracional de los enlaces aumenta facilitando su ruptura y el inicio de nuevas reacciones (Popescu, 2012).

Temperaturas <120°C: Se muestra una disminución en la retención de la humedad, así como la acumulación de cargas estáticas. La pérdida de agua se debe a una reacción de β -eliminación en los enlaces disulfuro de los residuos de cistina, cuando se somete a las fibras capilares a una temperatura de 100°C (Volkin & Klimanov, 1987), con esto las propiedades mecánicas del cabello disminuyen.

Temperaturas en un rango entre 140-170°C: Se genera una transformación física en la estructura del cabello, incrementando la cristalinidad de las fibras, es decir las moléculas que forman las proteínas del cabello forman regiones ordenadas

de la estructura de la queratina (Feughelman, 1997). Generando una desestabilización de la α -queratina y la evaporización del agua residual en la fibra.

Además, las fibras de queratina presentan un fenómeno de amarillamiento principalmente por la descomposición de los residuos de cistina y tirosina, y la oxidación de triptófano.

Temperaturas >200°C: Los filamentos intermediarios en la queratina comienzan a desnaturalizarse. Este proceso se acompaña de tres fases: *agregación*, *coagulación* y *solidificación*. En la primera fase se presentan interacciones proteína-proteína, que forman un complejo de alto peso molecular; en la coagulación hay una agregación aleatoria de las proteínas ya desnaturalizadas, este proceso es irreversible, por la ruptura de enlaces inter e intramoleculares. Mientras que en la solidificación la agregación de proteínas es de manera ordenada y estas pueden ser o no desnaturalizadas, con la que se forma una red tridimensional que puede ser reversible.

2.6 Efecto del cepillado

La presencia de fibras de cabello rotas presentes en el peine o cepillo es un detractor en el cabello sano, puesto que puede llevar a la formación de puntas abiertas, minimizar la percepción en la suavidad, inducir cierto grado de frizz, reducir el brillo y dificultar el movimiento. El cepillado implica un estiramiento de las fibras, si la fuerza que se aplica llega hasta el punto de quiebre, en las células del cabello se genera una fuerza interna que aumenta hasta anular las propiedades de tensión de las fibras capilares. Además, otra razón de su ruptura se relaciona con el desgaste acumulado en el tiempo de vida de la fibra y no solo por un estímulo.

En algunos casos las fibras son arrancadas desde el folículo debido a la aplicación de una fuerza externa (cepillado), aun cuando dicha fuerza es menor a la fuerza de quiebre. Sin embargo, la presencia de puntas abiertas es una evidencia de que el daño mediante una fuerza mecánica no ocurre solamente en el cuero cabelludo, si no que la fuerza se propaga a lo largo de la fibra generando fracturas transversales a través de la cutícula, conocidas como delaminación. Estas múltiples

fracturas longitudinales en la fibra se conocen como *thricorrhexis nodosa*, y son las responsables de la apariencia opaca del cabello, falta de manejabilidad, textura rugosa y pobre facilidad de cepillado (Rigoletto, Zhou & Foltis, 2007).

La combinación de algunos agentes como temperatura, tratamientos químicos y la exposición a los rayos solares, con el cepillado potencian el daño que se genera y afecta su reparación.

De igual manera la formación de nudos o enredos en las fibras del cabello, general dobleces entre las mismas propiciando su desgaste cuando la fuerza mecánica, dada por el cepillo, se extiende en el cabello. Además, el daño aumenta en un cabello cepillado en seco que cuando se encuentra húmedo

En términos de pruebas mecánicas, el cepillado representa un proceso de fatiga repetida, donde cada fibra del cabello es expuesta a un estímulo externo. Es decir, el cabello se somete a una combinación de doblaje, torsión y una fricción interfibras que puede resultar en un estrés capilar suficiente para generar su ruptura (Evans & Park, 2010).

Algunos experimentos de tensión-estrés de las fibras capilares, muestran que 70µm de fibra del cabello expuesta a una humedad relativa del 60%, requiere aproximadamente 80g de fuerza para inducir la ruptura (Evans, 2012). Donde los resultados se presentan en una curva de tensión-estrés y ayuda a la medición de la cantidad de fuerza que es necesaria para estirar una fibra de cabello, hasta su ruptura.

3. Puntas abiertas en el cabello

Mientras el cabello se encuentra en crecimiento, los aceites naturales lo protegen desde el cuero cabelludo y a lo largo de la fibra, aunque pueden fallar en las puntas. Las puntas del cabello son consideradas entre los últimos 1–3 centímetros de la fibra capilar y son las principales afectadas por la exposición a los rayos solares, a algunos champús, secadoras, planchas y los cepillos o peines (ISP, 2011). Todos estos daños conllevan a que las puntas se vuelvan secas y quebradizas, además, son propensas a abrirse.

El término técnico para las puntas abiertas es *trichoptilosis*, la cual involucra una bifurcación primaria que se extiende lejos de la extremidad del cabello en un plano longitudinal, a través del diámetro de la fibra (Swift, 1997). Y es una manifestación del daño causado por diversos factores a la cutícula del cabello. No se forman espontáneamente. Su formación es generalmente mediante el estrés mecánico en el cabello durante la rutina de aseo personal y son más probables de aparecer en el cabello dañado como resultado de una excesiva fuerza en el cepillado (Rigoletto *et al.*, 2007).

3.1 Mecanismo de generación

Se conocen diversos factores que propician a la formación de puntas abiertas, pero la secuencia de eventos mecánicos que subyacen a su generación es descrita de manera limitada. Cuando el cabello se cepilla, se generan nudos al final de la fibra por la fuerza que se aplica al pasar el cepillo. Estas fuerzas se encuentran en mayor cantidad al pasar por primera vez el cepillo a través del cabello y van disminuyendo con las sucesivas cepilladas.

La teoría de Swift (1997) explica que el cabello presenta una forma elíptica o circular de manera natural, de acuerdo a como crece el cabello desde el folículo piloso (**Figura 7.**). Por lo que la primera división o quiebre ocurre al momento en que el cabello se orienta durante el cepillado de manera perpendicular a los dientes del cepillo, la forma elíptica de la fibra se orienta preferentemente al eje mayor del diámetro del cabello (**Figura 8.**). Este corte por tensión se presenta como un doblez transversal a lo largo de la fibra, alcanzando un máximo en el eje mayor (**Figura 9.**). Una vez que el nivel de tensión es crítico, la fibra se rompe paralela a lo largo del diámetro. La magnitud de esta tensión se distribuye parabólicamente a través del eje menor de la sección elíptica, y la mayor tensión correrá de manera paralela al eje mayor.

Esta primera bifurcación no da lugar a las puntas abiertas, sino que es necesario repetir el proceso de cepillado para causar un corte por la tensión que se aplica y la combinación de fracturas localizadas en el mismo lugar para generar una punta abierta macroscópicamente.

Como el cepillo es deslizado a través del cabello, los nudos y la fuerza de cepillado se propagarán desde la raíz hasta la punta, por lo que la tensión que se genera es mayor.

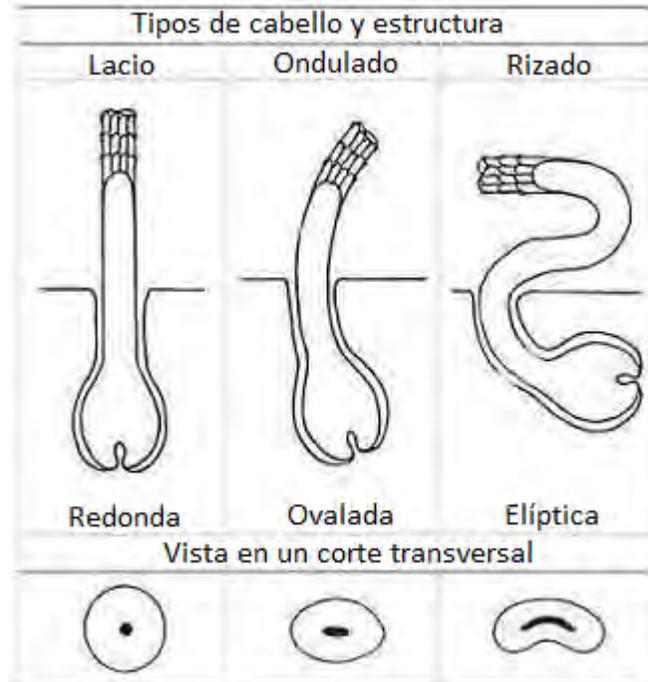


Figura 7. Tipos de cabello y vista de las fibras capilares desde un corte transversal

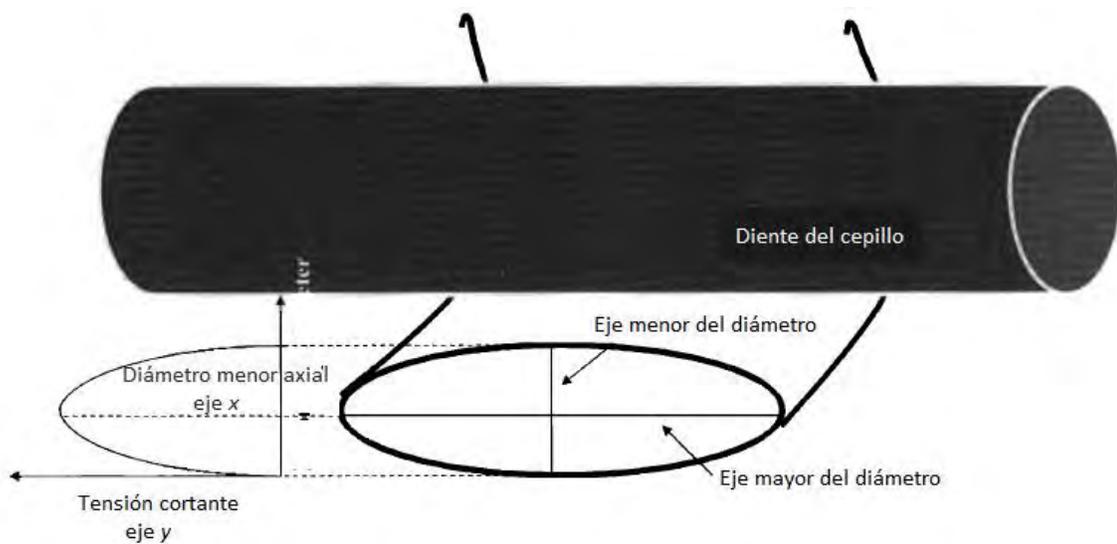


Figura 8. Mecanismo de formación de puntas abiertas, donde se muestra la distribución de la fuerza de tensión en la fibra durante el cepillado. Imagen modificada de Rigoletto et al. (2007)

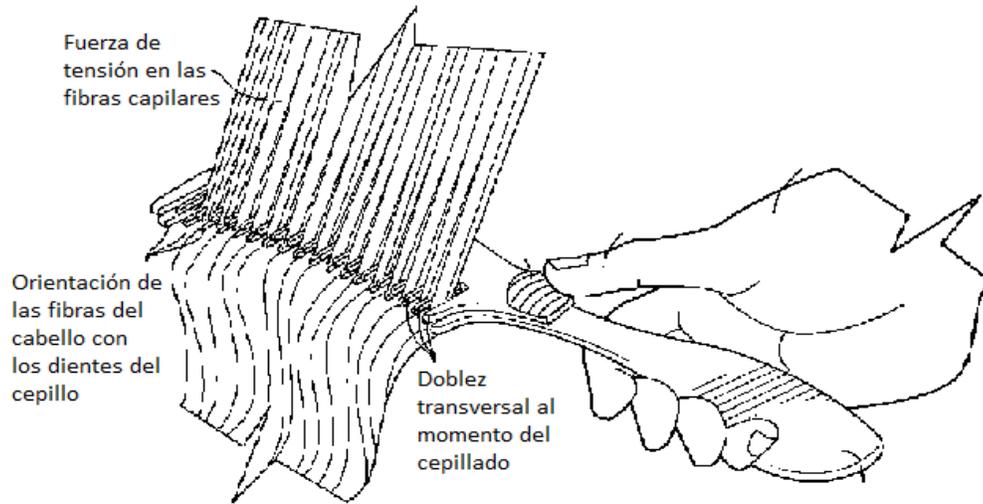


Figura 9. Mecanismo para el cepillado del cabello. Imagen modificada de Ruckhart (2009).

3.2 Tipos de puntas abiertas

Las puntas del cabello dañadas generalmente pueden ser clasificadas y evaluadas como daño primario, secundario y terciario. Existen 16 tipos de puntas abiertas, cada tipo presenta diferentes nombres. En la **Tabla 3** se menciona cada tipo, así como el nombre y la causa que la genera.

Tabla 3. Tipos de puntas abiertas, la forma macroscópica que presentan y algunas causas que las provocan.

Tipo de punta abierta	Forma	Causas
<i>División Tradicional</i>		Es el tipo más común de puntas abiertas. se genera como resultado de la sequedad y la fricción.
<i>División bebé (Baby Split)</i>		El inicio de una punta abierta normal, el daño mecánico es la principal causa.
<i>División Triple</i>		Causada por una capa de cutícula debilitada, el córtex queda expuesto.

<i>División en doble Y</i>		Cuando una punta abierta tradicional sigue sometida a un daño, se forman ramificaciones con aberturas.
<i>División incompleta</i>		La fibra se debilita en un punto en específico, evitando que se divida completamente. El daño término y mecánico las originan.
<i>División prolongada / larga</i>		Los accesorios para el cabello propician a que el cabello se debilite en un punto específico a lo largo de la fibra, cuando se aplica una fuerza mecánica se forman las puntas abiertas.
<i>División profunda</i>		Se genera por daño químico o manipulación física, la cutícula se debilita en un punto más alejado al final de la fibra.
<i>Tipo alfiler</i>		El daño químico causa que la cutícula se vaya desgastando gradualmente, dejando expuesto al córtex.

<p><i>Engrosamiento de la fibra</i></p>		<p>Desbalances hormonas y algunos medicamentos causan un cambio en la textura de la cutícula, esta aumenta su grosor y después presentar bifurcaciones.</p>
<p><i>Manchas blancas</i></p>		<p>Causadas por un daño térmico severo, la cutícula presenta gran desgaste.</p>
<p><i>Ángulo recto</i></p>		<p>Una curva en el eje del cabello en un punto específico debido al uso del mismo peinado con demasiada frecuencia.</p>
<p><i>Ramificación derivada de un nudo</i></p>		<p>Es un cruce entre un nudo y una onda del cabello. Resultado del daño químico, térmico, ambiental o físico.</p>
<p><i>Tipo arruga</i></p>		<p>Es el resultado del estiramiento excesivo del cabello hasta un punto de quiebre, sin romper completamente la fibra. Las herramientas de estilizado térmico y químico son las principales responsables del daño.</p>

<p><i>División tipo árbol</i></p>		<p>Causado por el daño de un solo lado del eje del cabello, usualmente por la exposición prolongada a los rayos solares o más frecuentemente por el excesivo cepillado.</p>
<p><i>División tipo espiga</i></p>		<p>La causa más frecuente es la decoloración y el teñido excesivo del cabello.</p>
<p><i>Tipo nudo</i></p>		<p>No descrita como una punta abierta, pero una de las causas para la creación de más nudos y fibras enredadas cuya consecuencia es la generación de puntas abiertas. Usualmente son el resultado del cabello seco, la manipulación física y la exposición al aire del ambiente. Es muy frecuente en cabellos rizados.</p>

3.3 Factores que propician su generación

En condiciones saludables, las fibras pueden formar nudos o enredos durante el cepillado sin causar un daño. Una vez que el cabello presenta sequedad, daño y poca flexibilidad, ocurre la formación de puntas abiertas. Hay varios factores bien

conocidos que propician la generación de puntas abiertas: (Rigoletto *et al.*, 2007; ISP, 2011)

- El daño térmico/mecánico, tal como el uso de secadora, ondulado/alaciado con plancha y peinado agresivo, cepillado, jalarlo al momento de peinar y sujetarlo.
- Procesos químicos, como la decoloración, tintes permanentes y semipermanentes, rizado y alaciado permanente.
- Exposición al sol, los rayos UV degradan las diferentes estructuras del cabello, principalmente causa la ruptura de los enlaces disulfuro.
- Otros factores están relacionados al uso continuo de champús, debido a la alta cantidad de tensoactivos que presenta. También la edad del cabello de la raíz a la punta, entre más larga la fibra capilar su edad es mayor, por lo tanto, ha sufrido más desgaste y hay una mayor tendencia a presentar bifurcaciones al momento del cepillado.
- Los hábitos alimenticios, régimen de cuidado individual, salud general y las condiciones ambientales son también factores que propician las puntas abiertas.

4. Productos reparadores de puntas abiertas

Es importante tener en cuenta que la longitud del cabello, la rapidez del cepillado, el grado de enredo, el tamaño y la forma de la sección transversal del cabello, influyen en la facilidad como la cual las puntas abiertas serán formadas (Swift, 1997).

Debido a los diversos factores que afectan a la salud del cabello y que conllevan a la formación de puntas abiertas, la industria cosmética ha desarrollado diferentes tecnologías para mejorar la apariencia física de las fibras capilares, evitar la formación de nuevas divisiones en la cutícula y sellar las puntas que presentan bifurcaciones

4.1 Tipos de productos

Hay dos importantes factores que promueven la reducción de las puntas abiertas, con la correcta aplicación de los productos para el cuidado del cabello (Swift, 1997).

El primero es el coeficiente de fricción de la superficie de las fibras. Cuando el cabello se desenreda, la fricción entre el cepillo y las fibras aumenta por los nudos presentes, por lo que la fuerza de corte longitudinal es mayor. De acuerdo con lo anterior, los artículos para el cabello favorecen la lubricación entre fibras, reducen la fricción, la fuerza de corte y la incidencia de puntas abiertas.

El segundo factor concierne a la plasticidad interna del cabello, particularmente relacionado con la fuerza de corte impuesta longitudinalmente. El interior del cabello está compuesto principalmente por proteínas que pierden su capacidad de plasticidad por la fuerza impuesta, generando fracturas. Esta pérdida de respuesta se agrava en las fibras expuestas a la luz solar, donde la red de proteínas se modifica por el ataque de radicales libres. Por lo tanto, los agentes que ayudan a la plasticidad de las proteínas del cabello, con el uso constante reducirá la generación de bifurcaciones en las fibras.

En el mercado para el cuidado del cabello, existe una gran variedad de productos que evitan las puntas abiertas y/o ayudan a su reparación. Estos productos son emulsiones como sérum, máscaras de tratamiento, ampollitas, o cremas para peinar; la mayoría de ellos utilizan una tecnología a base de polímeros y siliconas. Algunas otras materias primas utilizadas son los emulsificantes, humectantes, emolientes, modificadores reológicos, agentes neutralizantes y los activos que ayudaran a mejorar la apariencia del cabello.

Tabla 4. Formulación básica en crema de un tratamiento para el cabello, con el porcentaje de uso y su función de cada materia prima (Iawata & Shimada, 2013).

<i>Materia Prima</i>	<i>Porcentaje (%)</i>	<i>Función</i>
<i>Tensoactivos catiónicos</i>	1-5%	Emulsificante, acondicionador y suavizante.
<i>Alcoholes superiores</i>	3-6%	Espesante, mejora el sensorial.
<i>Ésteres</i>	0-3%	Ayuda al sensorial.
<i>Tensoactivos no iónicos</i>	0-1%	Emulsificante.
<i>Siliconas</i>	1-8%	Mejora el sensorial al promover la sedosidad en el cabello.
<i>Aceites vegetales y ceras</i>	0-1%	Mejora la suavidad del cabello.
<i>Polímeros catiónicos</i>	0-1.2%	Mejora el sensorial y estabiliza la formulación.
<i>Conservadores</i>	-	Evita crecimiento microbiano.
<i>Ajustadores de pH</i>	-	Modifican viscosidad.

4.2 Mecanismo de acción de los productos reparadores de puntas abiertas

De acuerdo a la **Tabla 4.**, las materias primas con un mayor porcentaje de uso son los tensoactivos catiónicos, los alcoholes superiores y las siliconas. Los alcoholes y las siliconas son productos cuyas propiedades físicas dependerán de su estructura química y afectarán directamente al sensorial y la textura del producto a formular. Mientras que los polímeros son principalmente utilizados como modificadores reológicos, espesantes y ayudan a un mejor sensorial. La viscosidad de los polímeros depende directamente de su peso molecular, la estructura química

del grupo hidrofílico y la cadena alquilada determina sus propiedades (Iwata & Shimada, 2013).

La principal tecnología para reparar las puntas abiertas se centra en los polímeros utilizados, las siliconas y algunos extractos de origen vegetal; los cuales ayudan a mejorar la apariencia física de la cutícula, rehidratar al cabello, mejorar su suavidad y unir la cutícula para sellar las puntas abiertas.

Los complejos poliméricos son un sistema dado por una mezcla entre polímeros catiónicos/aniónicos. Los polímeros catiónicos son los más utilizados en las formulaciones para tratamientos capilares, como modificadores reológicos y para proveer al cabello de acondicionamiento, facilidad de peinado, suavidad, brillo, resistencia al daño y reducción de puntas abiertas (Terada, Samoshina, Nylander & Lindman, 2004); generalmente se encuentran en mayor proporción a los polímeros aniónicos. Estos últimos se unen a las cargas positivas en exceso de los polímeros catiónicos, creando un poli-ión o un complejo polielectrolito (Svensson, Johnson, Nylander & Piculell, 2010). Hay varios tipos de complejos polímero-polímero, cuyas entidades que lo forman pueden estar cargadas o no, y pueden interactuar a través de enlaces iónicos, covalentes, puentes de hidrógeno o enlaces hidrofóbicos (**Figura 10.**)

Un mecanismo teórico es que los aminoácidos presentes en la queratina del cabello tienen grupos funcionales que pueden interactuar con las moléculas del complejo polimérico, mediante puentes de hidrógeno, enlaces iónicos y enlaces hidrofóbicos (**Figura 11.**). De esta manera mediante la formación de enlaces, la fibra se une y la punta abierta queda sellada.

Por otra parte, la función de las siliconas es formar una capa sobre la fibra capilar, evitando la pérdida de agua desde el córtex y presentar una estructura uniforme (**Figura 12.**). Además, protege al cabello y retrasa los efectos generados por el daño mecánico y térmico, al presentar resistencia a altas temperaturas. En cuanto a la formulación, mejora el sensorial, es decir, la textura del cabello es más sedosa y con un mayor brillo.

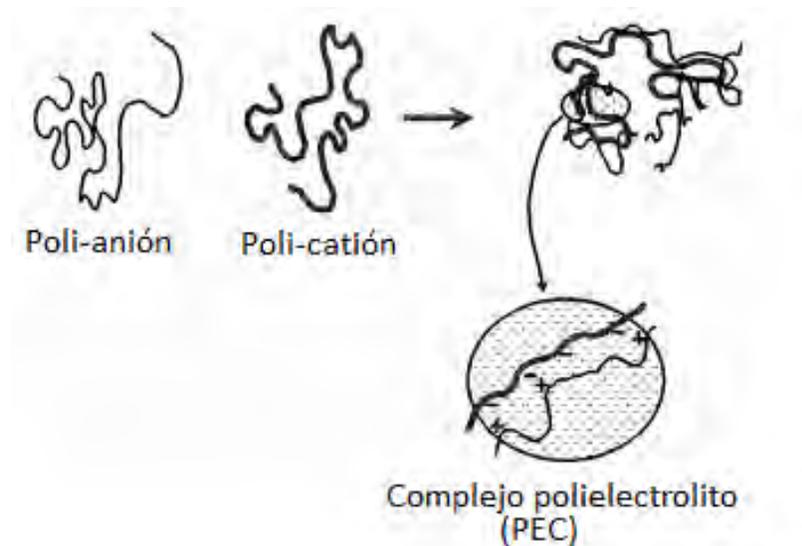


Figura 10. Proceso de formación de un complejo polimérico. Imagen modificada de Karibyants et al. (1997).

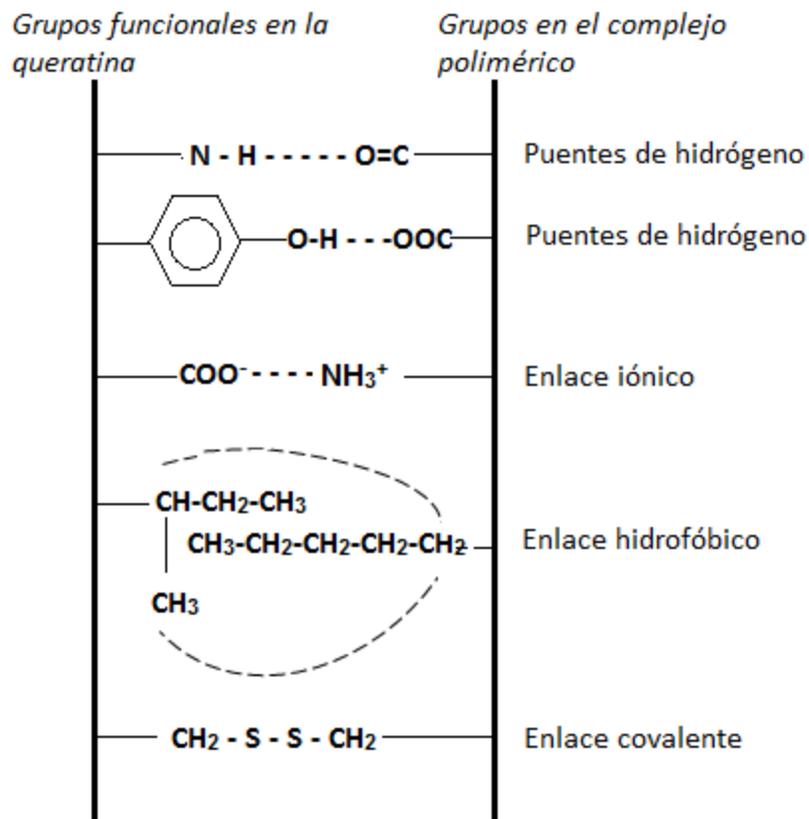


Figura 11. Enlaces involucrados en la interacción Polímero – queratina. Imagen modificada de Ashland Hair Care (s.f.).

Cabe mencionar que la mayoría de los productos existentes en el mercado presentan en su formulación una combinación de polímeros y siliconas. Esto se

debe a que, al entrar en contacto con el cabello, las siliconas favorecen la adsorción de los polímeros. Cuando se realiza la formulación los polímeros son diluidos en agua u otros componentes, generando interacciones que pueden llevar a una fase de separación entre los componentes del complejo; las siliconas se codepositan en el complejo poli-iónico, formando un coacervado. Esta interacción favorece que las cargas poliméricas penetren la cutícula, llegando hasta el córtex, por lo que hay más interacciones entre polímero – queratina que harán que las puntas se mantengan cerradas por más tiempo (Terada *et al.*, 2004; Svensson *et al.*, 2010; Clauzel *et al.*, 2011).



Figura 12. Acción de las siliconas en el cabello, deposición en las fibras para formar una película.

Algunos extractos naturales actualmente son muy utilizados en los tratamientos capilares, de igual manera es una tendencia el uso de proteínas como colágeno y queratina hidrolizada. Estas proteínas tienen una gran afinidad química con la queratina del cabello y son capaces de ser adsorbidas en la superficie de las fibras, mediante la unión en sitios con grupos reactivos en sus moléculas (**Figura 13.**). Hay numerosos pero débiles enlaces entre la proteína exógena y la queratina endógena, mediante uniones covalentes entre la queratina y los residuos de cistina de la proteína. Mediante este tratamiento el cabello mejora su acondicionamiento y apariencia física (Teglia & Secchi, 1999). El tiempo de adsorción dependerá del estado del cabello (virgen, teñido, alaciado, etc.) y el tipo de daño del mismo.

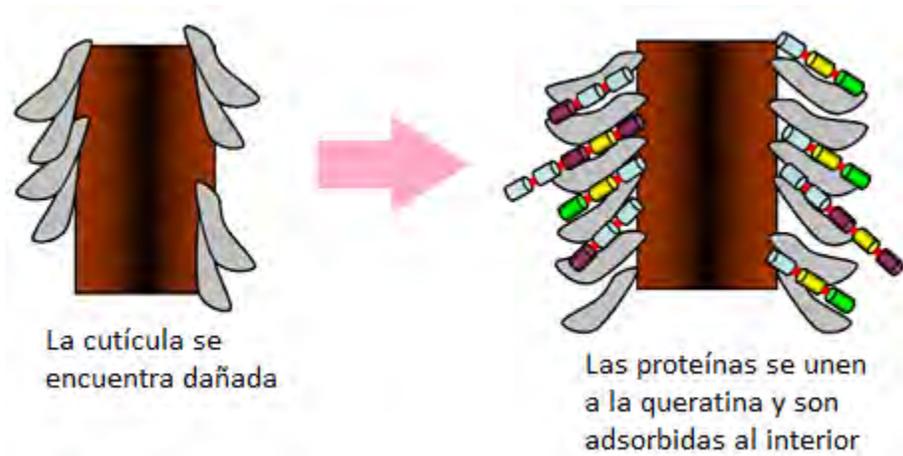


Figura 13. Adsorción de proteínas en la cutícula del cabello.

5. Claims de los productos reparadores de puntas abiertas

Claim es una frase utilizada en marketing y publicidad, que habla de las excelencias o cualidades de un producto. Es decir, es aquello que el producto promete cumplir al usarlo y debe ser comprobado antes de ser comercializado.

Existen diferentes tipos de claims:

- *Claim de superioridad*: indica que un producto demuestra un mayor beneficio que sus competidores. Este tipo de claim suelen maximizar un beneficio a expensas de algún otro.
- *Claim cuantitativo*: se comunica la magnitud del beneficio, puede representarse mediante un porcentaje, o algún valor cuantitativo.
- *Claim con derecho preferente*: algunos claims son creados para productos similares, pero existe uno que representa con mayor fuerza el mensaje.
- *Claim del sistema*: un claim es válido si se utiliza una gama de productos que proveen el mismo beneficio.
- *Claim por ingredientes*: es la declaración de los ingredientes que se brindan el beneficio.

Es claro que no todos los claims son creados igual, surgen a partir de una necesidad, en el caso de los productos para el cabello es necesario que se demuestre al consumidor, que una formulación produce un beneficio y/o se percibe

un cambio en el cabello. Las frases antiqüebre, reparador de daüo y reparador de puntas abiertas son de los más populares claims para los tratamientos de cabello.

Otros claims utilizados en los productos reparadores de puntas abiertas son: (Amay, 2016)

- Formulado con extractos naturales y/o con proteínas.
- Cabello fuerte y con volumen.
- Prevención de puntas abiertas.
- Protege el color del cabello y a la queratina, de los rayos UV.
- Formulado sin parabenos, sulfatos y ftalatos.
- Incrementa la resistencia para futuros daüos.
- Reducción del quiebre en X%.
- Repara las puntas abiertas en un X%.
- Mejora la apariencia física del cabello, aumenta el brillo y suavidad.

5.1 Sustentación de Claims

El desarrollo de un claim involucra la comunicación de los beneficios técnicos a los consumidores en su propio lenguaje. Sin embargo, este proceso involucra realizar pruebas experimentales que confirmen cada uno de los beneficios del producto.

Algunas estrategias que tienen como fin sustentar claims para productos del cabello son: obtener comentarios positivos de los consumidores o generar datos que demuestren el rendimiento técnico (Teglia, 2004).

Un sistema para determinar la eficacia de los tratamientos para el cabello en términos de claims antiqüebre y prevención de puntas abiertas, involucra el cepillado repetitivo de las fibras del cabello (Haake, H.M., Marten, S., Seipel, W. y Eisfeld, W., 2009). La determinación puede realizarse de manera *in vivo*, al evaluar el producto directamente en panelistas y evaluar cuantitativamente o bien, mediante la percepción de las personas evaluadas. La determinación *ex vivo*, es la más utilizada en la evaluación de productos para el cuidado del cabello, al utilizar mech

de cabello humano sometidas a un ambiente artificial, en condiciones controladas, bajo un protocolo que establece un proceso lo más parecido a la rutina que emplean los consumidores.

6. Pruebas en panelistas

Las pruebas en panelistas se realizan generalmente después de concluir el proceso de evaluación *in vitro* o *ex vivo* de un producto. Y sirven para establecer y predecir el rango de aceptabilidad en los consumidores, así como para comparar con los resultados de laboratorio.

De acuerdo a Wedderburn & Prall (1973), los consumidores han incrementado sus exigencias, en cuanto a la efectividad y seguridad de un producto, es por esto que la ciencia de evaluación sensorial juega un papel importante en el desarrollo de un producto, ya que:

- Indica cómo los consumidores aprecian y juzgan un producto en términos medibles.
- Guía el desarrollo y la formulación de productos, los cuáles pueden ser apreciados por los consumidores.
- Establece registros permanentes de los resultados de prueba para los objetivos usados en la estandarización de procesos.
- Señalización de las estrategias de marketing y provee de soporte técnico para la publicidad de claims.
- Predice la respuesta de los consumidores mediante pruebas de laboratorio y ensayos de consumo.

6.1 Forma de evaluar en panelistas

Existen cuatro enfoques para una evaluación objetiva, los cuales se basan en métodos físicos, sensoriales, químicos y psicológicos. Donde los primeros dos son empleados con regularidad en la manufactura de productos cosméticos (Wedderburn & Prall, 1973).

Para realizar una evaluación en panelistas, se debe seleccionar el panel sensorial. Hay diferentes tipos de panel sensorial que pueden ser establecidos dependiendo la dirección, subjetividad, objetividad y recursos disponibles. Para producir resultados estadísticamente confiables, se debe establecer un número de panelistas, los cuales dependerán del nivel de entrenamiento que presenten (Stricane, C. & Sayer, R.M., 2013).

- *Panel no entrenado o consumidor*: requiere entre 50 y 200 panelistas.
- *Panel entrenado*: generalmente compuesto de 10 a 25 panelistas, entrenados regularmente para clasificar el producto en comparación con un benchmark.
- *Panel experto*: es un grupo de 2 a 5 personas tan fiable como si la evaluación la realizara una máquina, entrenados cada semana para realizar evaluaciones sensoriales.

El diseño del estudio es importante, por lo que se debe definir la manera en que se implementará la intervención de los panelistas en concordancia con el objetivo del estudio, a partir de esto se tienen ciertas opciones: (Tinoco & Sáenz, 1999)

- ✓ *Intervención abierta*: los panelistas están en conocimiento de cuál(es) producto(s) les corresponde evaluar.
- ✓ *Intervención en ciego*: la asignación del producto(s) no es conocida por el panelista.
- ✓ *Estudio a doble ciego*: la asignación del producto(s) a evaluar es desconocida tanto por el panel evaluador como por el investigador. De modo que ninguno tiene conocimiento que cuál producto es un control y cuál tiene una intervención experimental.
- ✓ *Estudio a triple ciego*: al doble ciego, se le suma el desconocimiento de la asignación específica de cada producto por parte del analista de resultados.

Con respecto a lo anterior, se debe definir el esquema de intervención del grupo de participantes.

- *Estudio cruzado*: El panel realiza la evaluación de cada producto (incluyendo el control) a diferentes tiempos experimentales, en diferente orden o secuencia. Esto permite disminuir la variabilidad y el tamaño de la muestra.
- *Estudio en paralelo*: Cada grupo tiene una intervención diferente, no hay intercambio productos, ni los panelistas cambian de grupo.

6.2 Criterios de inclusión y de exclusión

El panel seleccionado deberá cumplir con los criterios de inclusión y exclusión. Estos criterios están establecidos por los investigadores para amparar los objetivos de investigación y de las variables por evaluar (Tinoco & Sáenz, 1999).

Los criterios de inclusión singularizan a los sujetos que podrán entrar en el estudio y define el tipo de población que será objeto del estudio. Mientras que los criterios de exclusión, delimita la población al excluir a los sujetos cuyas características particulares pueden llegar a alterar los resultados de la investigación. De esta manera se reducen los sesgos y fuerza la homogeneidad de la muestra.

6.3 Evaluación sensorial

La evaluación sensorial es una disciplina científica para investigar, medir, analizar e interpretar la respuesta humana a un estímulo, involucrando los 5 sentidos (vista, olfato, gusto, tacto y oído). El aspecto sensorial de un producto es directamente influenciado por la elección y preferencia de los consumidores (Stricane, C. & Sayer, R.M., 2013; Schutz, 1971).

Mide la calidad de un producto, conocer la opinión y mejorar su aceptación por parte del consumidor. No solo se tiene en cuenta para el mejoramiento y optimización de un producto existente, sino también para realizar investigaciones en la elaboración e innovación de nuevas formulaciones, en el aseguramiento de la calidad y para su promoción y venta (Hernández, 2005).

Al tener en cuenta la opinión del consumidor desde la etapa de diseño de un producto, se determinan las especificaciones de acuerdo a las expectativas y necesidades del mercado.

La valoración de un producto se percibe a través de uno, dos o más sentidos, denominados también órganos receptores periféricos, los cuáles codifican la información y dan una respuesta o sensación, de acuerdo a la intensidad, duración y calidad del estímulo, percibiéndose su aceptación o rechazo (Hernández, 2015).

7. Evaluación producto vs. benchmark

Una de las principales maneras de comprobar el claim de un producto, es evaluar de manera *in vivo* y *ex vivo* y realizar una comparación rigurosa, confiable y continua de un producto del mismo sector (competidor o no), con el fin de adoptar características que puedan mejorar el desempeño y la efectividad de la formulación prototipo. Por otra parte, realizar esta comparación ayuda a diseñar metodologías y mejoras en las formulaciones para añadir un valor agregado al producto formulado (Wedderburn & Prall, 1973; Stricane, C. & Sayer, R.M., 2013).

7.1 ¿Qué es un benchmark?

Es aquel producto utilizado como estándar, cuyas características o beneficios representan el punto de referencia para evaluar el comportamiento o nivel de calidad de una fórmula prototipo y con esto mejorar o igualar sus propiedades (Business Dictionary, 2017)

7.2 Factores que determinan la elección de un benchmark

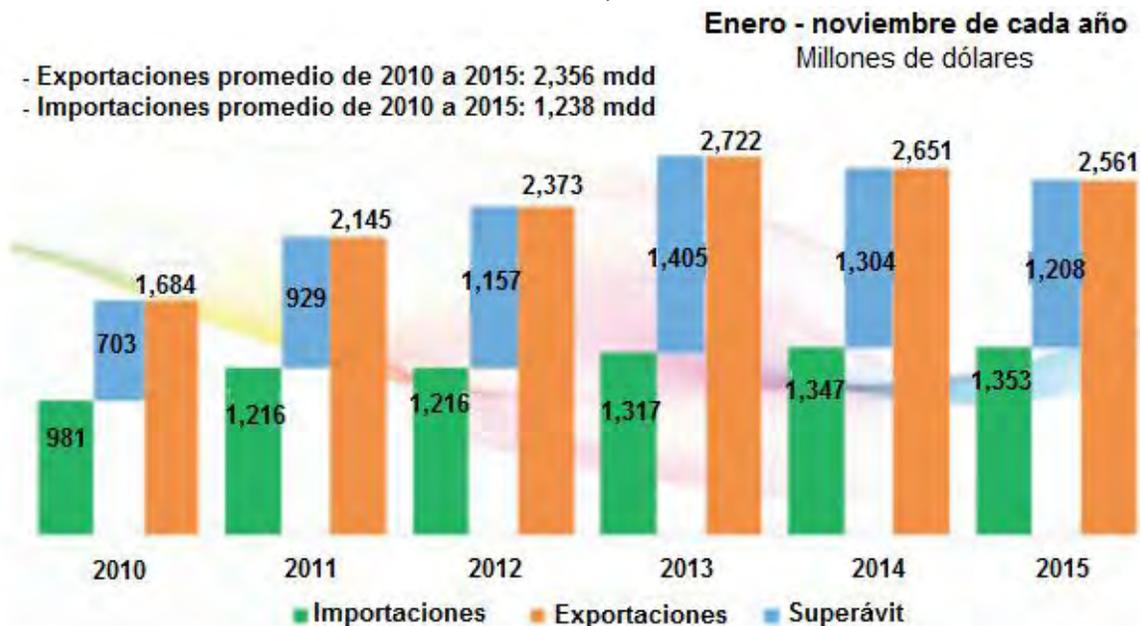
Es importante conocer las características del producto que se desea evaluar versus un benchmark. Por lo que se debe elegir el indicador o punto de referencia que más se acerque al tipo de desempeño de la fórmula prototipo. En ocasiones se puede elegir una combinación entre el desempeño y los valores adicionales que provee el benchmark. Otro factor que determina la elección, es la diferencia en el costo de producción o de producto terminado entre el benchmark y el producto que se desea comparar (Zuluaga, 2006).

8. Mercado de productos para el cuidado del cabello

De acuerdo al Reporte Anual de la CANIPEC para el año 2015, el sector de los productos de Cuidado Personal generó hasta noviembre de ese año, un superávit de 2,561 MDD considerando las importaciones y exportaciones (**Gráfica 1.**), siendo ligeramente menor al obtenido en el 2014 (2,681 MDD).

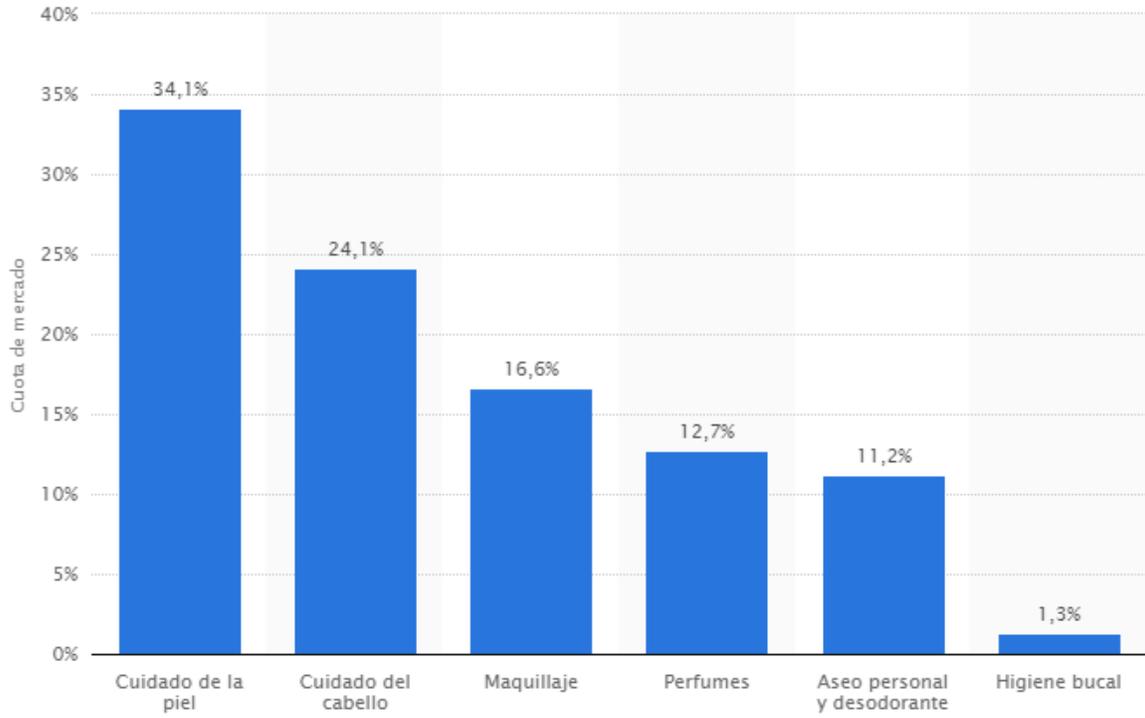
Este sector sigue siendo un importante exportador, aun cuando la economía del país ha tenido fluctuaciones a considerar en su balanza comercial, debido a la depreciación del peso frente al dólar (CANIPEC, 2015).

Gráfica 1. Importaciones, exportaciones y superávit para el sector de Cuidado Personal en 2015. CANIPEC, 2015

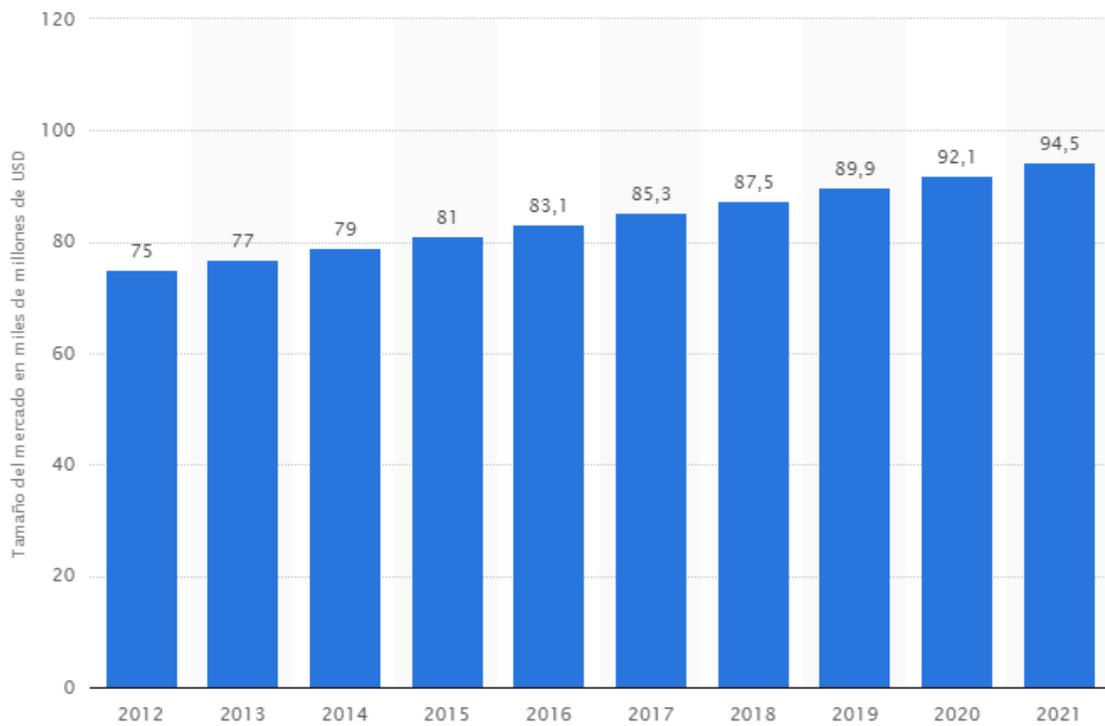


Durante el año 2016, el mercado de los productos para el cuidado del cabello se encontraba en el segundo sitio con el 24.1% de las ventas totales en el sector de cuidado personal, a nivel mundial (**Gráfica 2.**)

Considerando este nivel de ventas, se estima que el mercado de productos de cuidado del cabello aumente su valor en los próximos años (Statista, 2016). En 2016, se estimó un valor de 83,100 millones de dólares para el mercado global y en el año 2021 su valor sea de 94,500 millones de dólares (**Gráfica 3.**).



Gráfica 2. Cuota del mercado mundial en el sector de cuidado personal. Statista (2016).



Gráfica 3. Tamaño del mercado de cuidado del cabello a nivel mundial desde 2012 hasta 2021 (en millones de dólares USD). Statista (2016).

Por lo que el sector de productos de cuidado del cabello, representa un área altamente rentable. De esta manera es indispensable crear nuevas propuestas de metodologías que comprueben la efectividad y evalúen el desarrollo de nuevas formulaciones para el cuidado capilar, en este caso un producto reparador de puntas abiertas. Además, de cumplir con las demandas del consumidor mediante una íntegra satisfacción del mismo.

✓ **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Desde tiempos remotos hasta la actualidad, para las personas el tener un cabello saludable refiere una buena apariencia física, así como estándares sociales. El cabello se encuentra en constante daño mediante el uso continuo de peines y cepillos; aparatos de secado y alisado, como la plancha y la secadora; así como el uso frecuente de productos químicos, como los tintes y decolorantes. Este tipo de productos contribuyen a la formación de puntas abiertas. Por lo que el desarrollo y evaluación de desempeño de nuevas formulaciones, ofrece o propone metodologías para su uso adecuado y así satisfacer las necesidades de los consumidores. El presente trabajo propone la evaluación de desempeño de un producto reparador de puntas abiertas, mediante una serie de procedimientos implementados en mechadas de cabello humano y en panelistas.

✓ **OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar una metodología que logre dañar mechadas de cabello humano, para generar puntas abiertas, mediante un aparato de daño térmico/mecánico; además evaluar el desempeño de un prototipo reparador de puntas abiertas, al obtener el porcentaje de reparación, el índice de durabilidad y la aceptación en panelistas.

✓ **OBJETIVOS PARTICULARES**

- a) Definir metodologías de daño y evaluación de desempeño, que ofrezcan resultados confiables, precisos, repetibles y reproducibles.
- b) Determinar las condiciones (tiempo) de cepillado y temperatura, controladas para generar puntas abiertas en mechchas de cabello caucásico humano virgen.
- c) Demostrar que la fórmula prototipo repara un mayor número de puntas abiertas, versus una fórmula control y un benchmark, utilizando mechchas estandarizadas.
- d) Determinar que la efectividad del producto aumentará al utilizarlo de manera constante.
- e) Evaluar el desempeño a partir de la opinión de panelistas, mediante la implementación de cuestionarios, en cuanto a la evaluación sensorial de la formulación prototipo y su comparación con un producto de igual función de venta en el mercado.
- f) Relacionar los resultados obtenidos en el estudio realizado en panelistas, con el estudio en mechchas de cabello caucásico.

✓ **HIPÓTESIS**

La evaluación de desempeño es un punto crítico durante el desarrollo de productos de cuidado personal, ya que nos permite tener la seguridad de que la fórmula a probar brinda el/los beneficio(s) que se le atribuyen y con esto la satisfacción del consumidor. Por lo que mediante la implementación de metodologías en un estudio en mechchas de cabello y en panelistas, se logrará demostrar que la fórmula prototipo de un reparador de puntas abiertas, presenta un porcentaje de reparación mayor al compararse con una fórmula control y un producto con el mismo beneficio, de venta en el mercado.

METODOLOGÍA

1) Materiales y equipos.

- 12 mechas de cabello humano caucásico virgen, con las siguientes especificaciones: Dark Brown 3.5g/6.5" net 1.75" wide with hot melt. Proporcionadas por International Hair Importers & Products Inc.
- 2 Cepillos con cerdas de Nylon, contienen 5 hileras con 8 dientes por centímetro. Resistente al calor y un mango en curva. De la marca Sally Beauty #217515.
- Secadora de cabello, Cerámica Turmalina Iónica 1875W de la marca Revlon.
- Agitador de hélice IKA Eurostar 20 digital.
- Agitador de áncora con 90mm diámetro de agitador, 8mm diámetro de eje, 350mm longitud de eje y velocidad máxima de 1000rpm.
- Termómetro de mercurio de inmersión de -20°C a 150°C.
- 2 soportes universales.
- 1 varilla de acero inoxidable 12x350mm.
- Estufa SHEL LAB GI2. Digital Laboratory Incubator, 2.0 Cu.Ft 120V.
- 2 Pinzas de nuez y 2 pinzas de tres dedos.
- Vasos de precipitados de vidrio de 150 y 250mL.
- Pipeta Pasteur.
- Espátulas de acero inoxidable con mango de madera.
- Parrilla con agitación y calentamiento Thermolyne SP-131325. Placa de cerámica de 18.4 x18.4 cm, rango de temperatura. 5 a 540 °C, velocidad de agitación de 50 a 1200 rpm, 120 V.
- Solución de Lauril Éter Sulfato de Sodio (LESS) al 10%.
- Etiquetas blancas auto adheribles.
- Cinta adhesiva transparente.
- Marcador permanente, metálico – punto fino.

2a) Formulación Control (fórmula base sin complejo polielectrolito).

Ingredientes	%
Agua desionizada	Cbp. 100
Cyamopsis Tetragonaloba (Goma Guar)	0.40
Metilparabeno	0.10
Polyquaternium 37, Propylene Glycol Dicaprylate / Dicaprate y PPG-1 Trideceth-6	2.20
Dimeticona	1.00
Ciclopentasiloxano	1.00
Phenoxyethanol (y) Caprypyl Glycol	1.00
0.01% aq. Sol. FD&C Amarillo #5	0.50

2b) Formulación del complejo polielectrolito al 10%.

Ingredientes	%
Agua Desionizada	Cbp. 100
PVM/MA Copolymer	1.00
10% NaOH solución acuosa	2.80
Polyquaternium-28	9.00
Phenoxyethanol y Caprylyl Glycol	0.50

2c) Formulación prototipo.

Ingredientes	%
Agua desionizada	Cbp. 100
Cyamopsis Tetragonaloba (Goma Guar)	0.40
Metilparabeno	0.10
Polyquaternium 37, Propylene Glycol Dicaprylate / Dicaprate y PPG-1 Trideceth-6	2.20
PVM/MA Copolymer, Polyquaternium-28 (10% Complejo polielectrolito)	10.00
Dimeticona	1.00
Ciclopentasiloxano	1.00
Phenoxyethanol (y) Caprypyl Glycol	1.00
0.01% aq. Sol. FD&C Amarillo #5	0.50

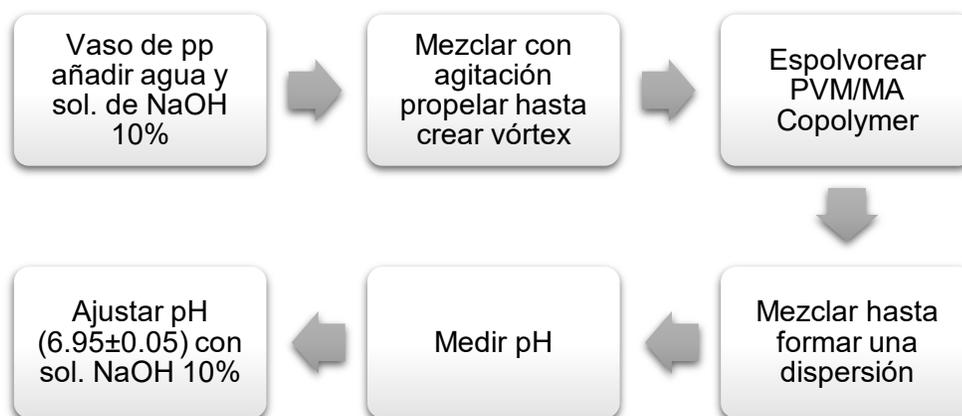
3) Ingredientes declarados en el benchmark.

- Producto comercial con el claim de reparador de puntas abiertas, como benchmark. En la etiqueta tiene declarados los siguientes ingredientes: Aqua / Water / Eau, Polyacrylamide, Phenoxyethanol, Amodimethicone, Parfum / Fragrance, C13-14 Isoparaffin, Isopropyl Myristate, Pyrus Malus Extract / Apple Fruit Extract, Laureth-7, Xylose, Trideceth-6, Citric Acid, Niacinamide, Pyridoxine Hci, Linacool, Cocos Nucifera Oil / Coconut Oil, Theobroma Grandiflorum Seed Butter, Saccharum Officinarum Extract / Sugar Cane Extract / Extrait De Canne A Sucre, Limonene, Cetrimonium Chloride, Benzyl Alcohol, Benzyl Salicylate, Hydrolyzed Corn Protein, Hydrolyzed Soy Protein, Hydrolyzed Wheat Protein, Citronellol, Ci 19140 / Yellow 5, Citrus Medica Limonum Peel Extract / Lemon Peel Extract, Ci 15985 / Yellow 6, Camellia Sinensis Leaf Extract, Ci 17200 / Red 33, Sodium Hydroxide

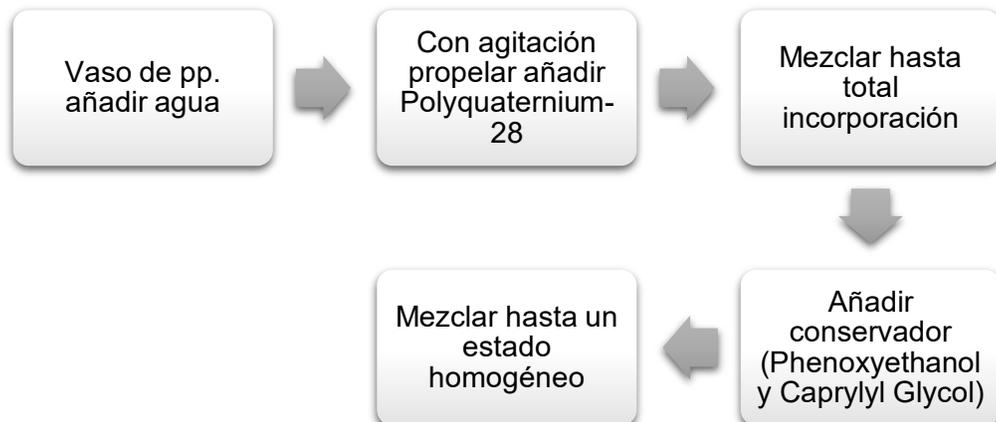
Métodos.

1a. Diagrama de la fabricación de la fórmula prototipo.

- Proceso de fabricación del complejo polielectrolito 10%.
 - a) Solución activa de PVM/MA Copolymer 10%



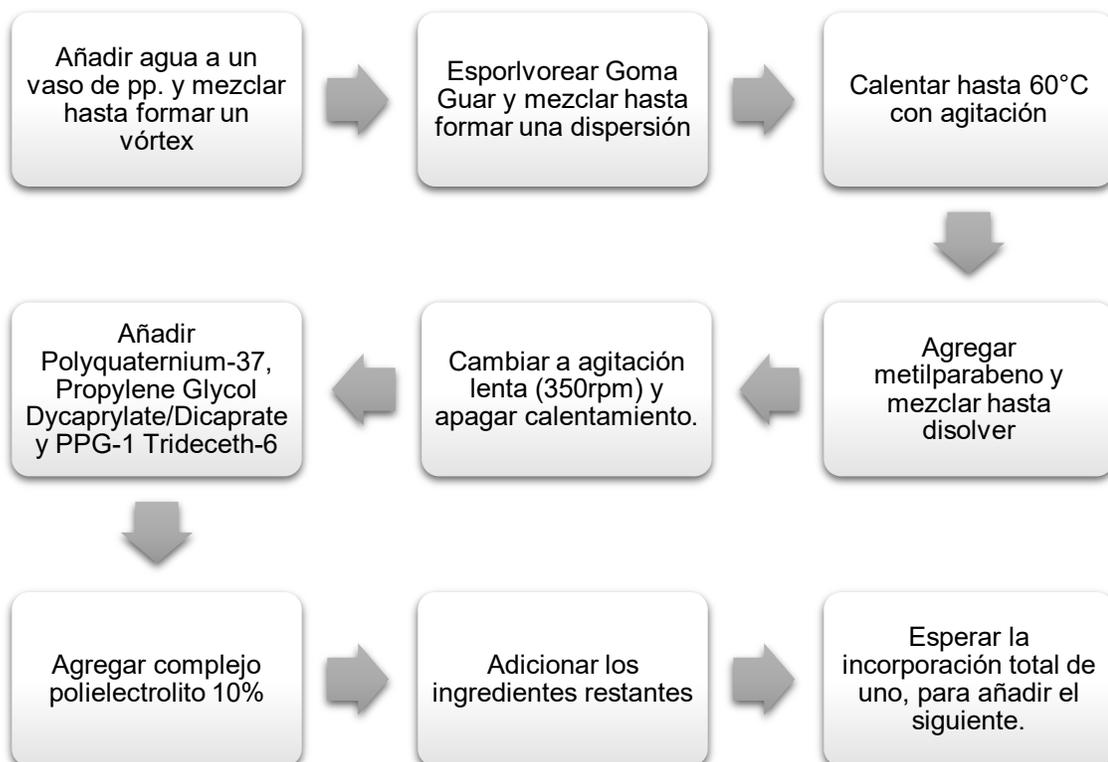
b) Solución activa de Polyquaternium-28 10%



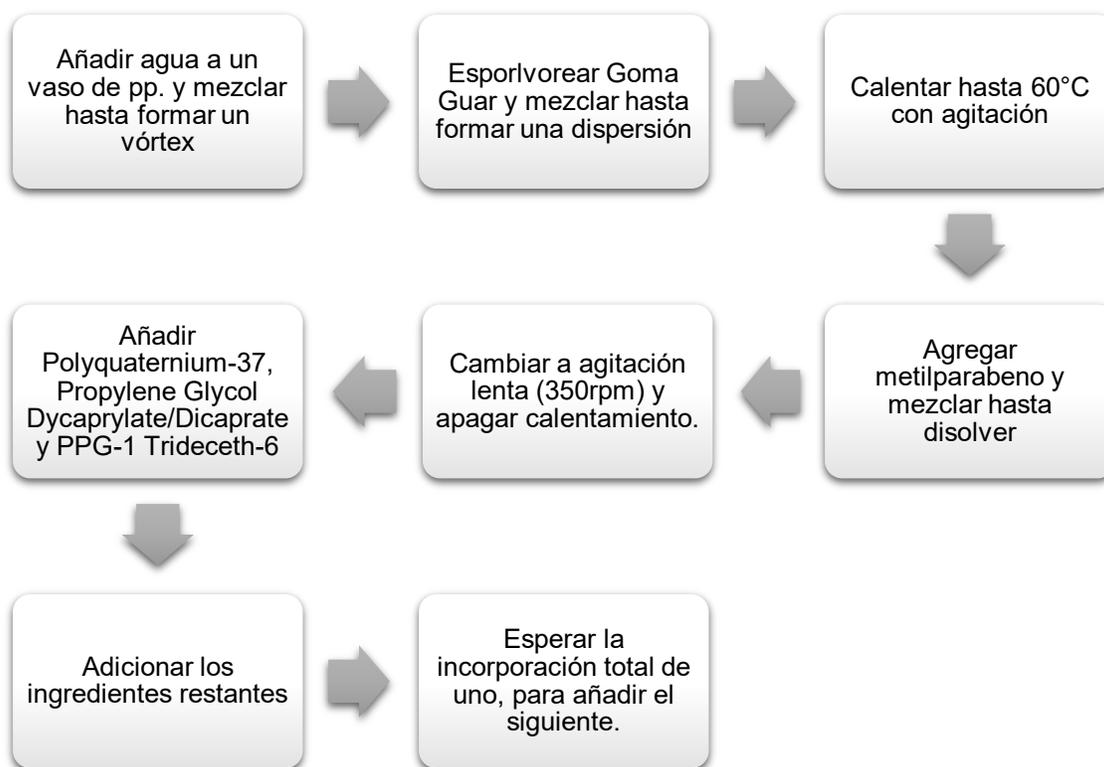
c) Formación del complejo polielectrolito



▪ Proceso de fabricación de la formulación prototipo completa.



Ib. Diagrama de la fabricación de la fórmula control.



*La cantidad proporcional al complejo electrolito, se compensó con agua.

II. Preparación de mechchas de cabello humano estandarizadas.

Para realizar la estandarización de mechchas, se contaron las fibras de cabello que poseía cada mechcha. Posteriormente se lavó cada mechcha con 1ml de Lauril Éter Sulfato de Sodio al 10% durante un minuto, se enjuagó cada mechcha bajo el chorro de agua durante un minuto y se procedió a dejarlas secar a temperatura ambiente.

III. Producción de puntas abiertas en mechchas de cabello estandarizadas con un aparato de daño térmico/mecánico.

Para poder realizar la evaluación de la fórmula prototipo reparador de puntas abiertas y el benchmark, las mechchas anteriormente estandarizadas necesitaban ser dañadas. Esto fue realizado mediante un aparato de daño térmico/mecánico desarrollado por Ashland (ver *imagen 1* y *2* en Anexo). Dicho aparato consistía en un agitador de hélice IKA Eurostar 20 digital colocado de manera horizontal, junto con un agitador de áncora, donde se le colocaron dos cepillos de dientes finos, para realizar el daño mecánico; a 15cm del agitador se colocó una secadora de cabello

para el daño térmico. Las condiciones a las cuales se ajustó el equipo fueron las siguientes: el agitador se mantenía a una rotación de 150 rpm y la secadora a una temperatura de $80^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$. El daño generado se monitoreo a las 3 y 6 horas, cuantificando el porcentaje de daño, la temperatura de la secadora fue monitoreada cada 15 minutos, para verificar que no existieran variaciones durante el ciclo de daño (datos de monitoreo de temperatura ver Anexo).

Se colocó la mecha de cabello en el aparato y se dejó trabajar durante 3 horas, este proceso es igual a 9000 cepilladas en una hora, simultáneamente el cabello sometido al aire caliente de la secadora, el cual mantiene a la mecha contra el cepillo durante la rotación. Pasado el tiempo de trabajo, se contaron y marcaron las puntas abiertas generadas, además, de obtener el porcentaje de daño. Después se colocó nuevamente la mecha en el equipo, generando daño durante 3 horas más.

$$\text{Cantidad de cepilladas} = \frac{150 \text{ cepilladas}}{\text{min}} \times \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} = 9000 \text{ cepilladas/h}$$

Terminado el ciclo de daño se contaron las puntas abiertas finales y el porcentaje de daño total. La ecuación para determinar el porcentaje de daño para cada mecha fue la siguiente:

$$\text{Porcentaje de daño (\%)} = \frac{(\text{Número de puntas abiertas})(100)}{\text{Número de fibras totales}}$$

IV. Evaluación de fórmula prototipo en mechas dañadas.

Las mechas previamente dañadas se dividieron en los siguientes grupos:

Grupo de mechas	Número de mecha	Prueba a realizar
1	1-3	Prototipo vs. Control (fórmula base sin complejo polielectrolito)
2	4-6	Prototipo vs. LESS
3	7-9	Prototipo vs. LESS + uso de daño térmico
4	10-12	Prototipo vs. Benchmark

LESS: Lauril Éter Sulfato de Sodio al 10%

De acuerdo al número total de fibras en cada mecha, se separaban por la mitad etiquetando en cada lado el producto a aplicar. La cantidad de producto a aplicar fue de 0.25g por cada gramo de peso de la mecha, basándose en la metodología de Rigoletto *et al.* (2007), la cantidad de producto aplicada a cada lado de la mecha, fue la mitad de la cantidad total obtenida. Las ecuaciones para determinar lo anterior es la siguiente:

$$\text{Cantidad de producto total} = \frac{(\text{Peso de la mecha g})(0.25g)}{1 \text{ g de peso de la mecha}}$$

$$\text{Cantidad para cada lado de la mecha} = \frac{\text{Cantidad de producto total}}{2}$$

Los productos se aplicaron de la siguiente manera:

Grupo de mechas	Número de mecha	Lado derecho	Lado izquierdo
1	1-3	Prototipo	Control
2	4-6	“	Lavado con LESS
3	7-9	“	Lavado con LESS + 5 minutos de daño térmico
4	10-12	“	Benchmark

La aplicación cada producto (fórmula prototipo, fórmula control y benchmark) se realizó únicamente en medias y puntas del largo de la mecha, es decir en los últimos 10cm de la mecha. Los productos se distribuyeron uniformemente con las yemas de los dedos para tener una mejor aplicación.

La evaluación de desempeño se realizó de la siguiente manera:

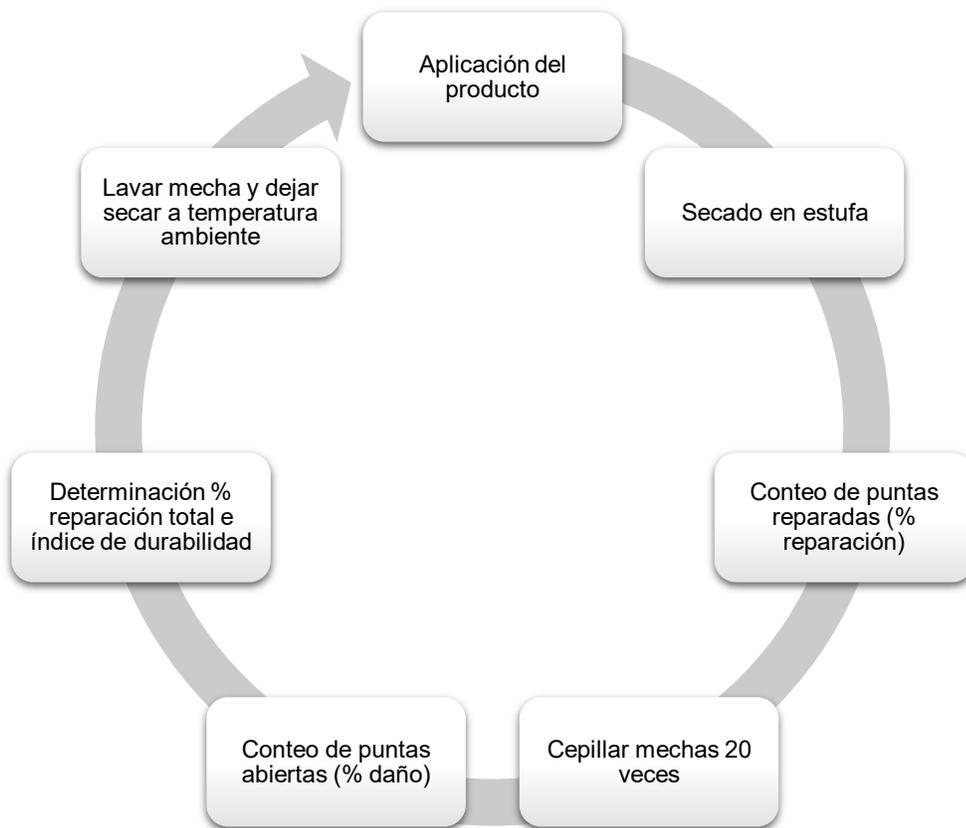


Diagrama 2. Evaluación de desempeño de la fórmula prototipo en mechas de cabello.

El secado en estufa se realizó con el fin de favorecer el secado de las mechas, a una temperatura de 46°C durante 10 minutos.

La ecuación utilizada para determinar el porcentaje de reparación antes de cepillar las mechas, es la siguiente:

$$\% \text{ reparación} = \frac{\# p. a. \text{ iniciales} - \# p. a. \text{ después del tx}}{\# p. a. \text{ antes del tx}} \times 100$$

Dónde: p.a = puntas abiertas; tx = tratamiento (aplicación del producto).

El cepillado se realizó de la siguiente manera: la mecha fue colocada en posición vertical mediante una pinza de nuez sujeta a una varilla de acero sostenida a dos soportes universal, para después pasar el cepillo a través de la mecha 20 veces, en el caso del grupo 3 el cepillado se acompañó con el uso de la secadora durante 5 minutos a una temperatura de 75°C ± 5°C. Al término del cepillado se realizó el

conteo de las puntas que permanecieron abiertas y calculó el porcentaje de daño generado, utilizando la siguiente ecuación:

$$\% \text{ daño} = \frac{\#p. a. \text{ iniciales} - \#p. a. \text{ después del tx}}{\#p. a. \text{ después del tx}} \times 100$$

Dónde: p.a. = puntas abiertas; tx= tratamiento (cepillado).

Las ecuaciones utilizadas para calcular el porcentaje de reparación de puntas abiertas después del cepillado y el índice de durabilidad (sólo en los grupos 1 y 4).

$$\% \text{ reparación} = \frac{\# p. a. \text{ antes del cp} - \#p. a. \text{ después del cp}}{\# p. a. \text{ antes del cp}} \times 100$$

Donde p.a.= puntas abiertas y cp = cepillado.

$$\text{Índice de durabilidad} = \frac{\text{Porcentaje de reparación después del cepillado}}{\text{Porcentaje de reparación antes del cepillado}}$$

La evaluación se realizó en 7 ocasiones, con el fin de simular una rutina de limpieza del cabello, de 1 semana.

V. Evaluación post-tratamiento en mechas estandarizadas.

La prueba post-tratamiento se realizó de la siguiente manera: al terminar la evaluación anterior se volvía a realizar otro lavado a las mechas, con la misma metodología de lavado descrita anteriormente, le proseguía dejarlas a temperatura ambiente hasta que quedaran secas completamente y después se cepillaban 10 veces, el proceso de cepillado se realizó de la misma forma que en la evaluación de la fórmula prototipo. A continuación, se contaron el número de puntas cerradas y se determinó el porcentaje de reparación total (después de realizar el proceso de cepillado), utilizando la ecuación para calcular el porcentaje de reparación mencionada anteriormente.

VI. Evaluación en panelistas.

La prueba se realizó a un panel entrenado compuesto de 25 sujetos del género femenino, cuya edad oscilaba entre 20 – 40 años. El ensayo fue mediante una

intervención en ciego por parte de las panelistas. Los criterios de inclusión y exclusión fueron los siguientes:

- Criterios de inclusión:
 - a) Presentar un cabello con puntas abiertas por daño mecánico, térmico o químico.
 - b) Cabello de tamaño mediano a largo, es decir, bajo los hombros y después de media espalda.
- Criterios de exclusión:
 - a) Cabello sin daño (sin puntas abiertas).
 - b) Haber cortado el cabello en los últimos 30 días.

Se le realizó un cuestionario inicial a cada panelista, así como firmar una carta de consentimiento para la realización de la prueba (ver en Anexo). El cuestionario recaudó información acerca del tipo de cabello que poseen las panelistas, los productos de cuidado del cabello y de fijación utilizados en la rutina diaria, la longitud del cabello y el tipo de daño (mecánico, químico, térmico) al cual fue sometido el cabello.

Se proporcionaron los productos que utilizarían durante el desarrollo de la prueba (Shampoo, crema para peinar, fórmula prototipo y benchmark), con el fin de tener un mayor control durante el experimento y evitar falsos positivos. El benchmark fue etiquetado como muestra A y la fórmula prototipo como muestra B. La prueba no se realizó de manera aleatorizada en cuanto a las muestras, para evitar que el panel tuviera errores al utilizar los productos y realizar la evaluación.

Se proporcionó al panel, las instrucciones de uso para cada uno de los productos que utilizarían como parte de su rutina de cuidado del cabello durante 7 días. Las instrucciones fueron las siguientes:

- i. Lavar el cabello con el shampoo proporcionado como de costumbre.

- ii. Antes de cepillar el cabello mientras aún se encuentre húmedo, dividir por la mitad y aplicar los productos a evaluar. Del lado derecho aplicar la muestra A, del lado izquierdo la muestra B; para cada producto era necesario utilizar el mismo número de gotas.
- iii. Distribuir uniformemente en las puntas.
- iv. Aplicar la crema para peinar en el cabello aún húmedo o seco y peinar como de costumbre.

Posteriormente a los 7 días de la aplicación, se realizó un cuestionario para evaluar el desempeño de ambos productos (ver en Anexo). En dicho cuestionario se evaluó, el desempeño en general de ambos productos, la facilidad de aplicación, el sensorial, el tiempo de secado del producto, la facilidad de cepillado, la suavidad, la apariencia visual, el brillo, la presencia de residuos en las fibras, la manejabilidad del cabello y cuál era el producto de preferencia por parte del panelista.

Los 7 días posteriores, el panel utilizó los productos de su rutina habitual, con la excepción de no usar productos cuyo claim fuera reparación de puntas abiertas.

Se realizó un cuestionario final para evaluar el índice de durabilidad (ver en Anexo). Los parámetros evaluados fueron la apariencia del cabello, la percepción si las puntas permanecieron selladas, la generación de nuevas puntas abiertas, los productos de cuidado del cabello y de fijación utilizados, si se sometió a algún tipo de daño (químico, térmico y/o mecánico) durante ese periodo de tiempo y la presencia de algún efecto negativo en cuanto a brillo, suavidad, peinabilidad y/o manejabilidad del cabello.

Para cada parámetro se le asignó una escala numérica del 1 (bajo o mal desempeño) al 5 (excelente desempeño). La escala se puede observar a detalle en los cuestionarios presentes en el Anexo.

Finalmente, los resultados obtenidos en cada prueba fueron analizados estadísticamente.

RESULTADOS

A. Producción de puntas abiertas en mechadas de cabello estandarizadas con un aparato de daño térmico/mecánico.

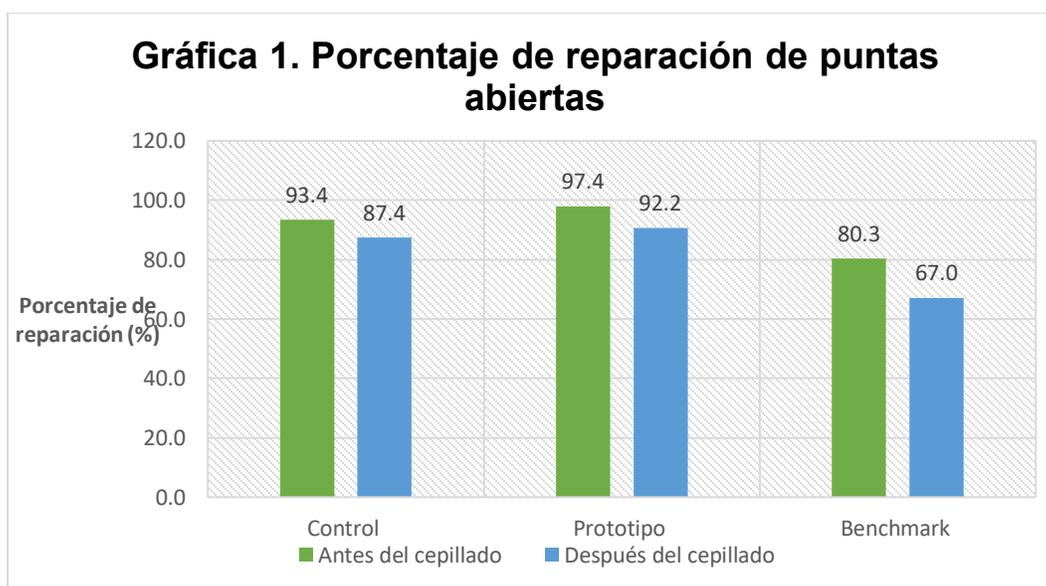
Tabla 1. Porcentaje de daño promedio de las 12 mechadas de cabello con un aparato de daño térmico/mecánico, a las 3 y 6 horas.

Porcentaje de daño (%)	3 horas de daño	6 horas de daño
	23.2	73.7

B. Evaluación de desempeño en mechadas dañadas.

Tabla 2. Porcentaje de reparación promedio de puntas abiertas para la fórmula control, prototipo y el benchmark, antes y después del cepillado.

Porcentaje de reparación (%)	Antes del cepillado	Después del cepillado
Control	93.4	87.4
Prototipo	97.4	92.2
Benchmark	80.3	67.0



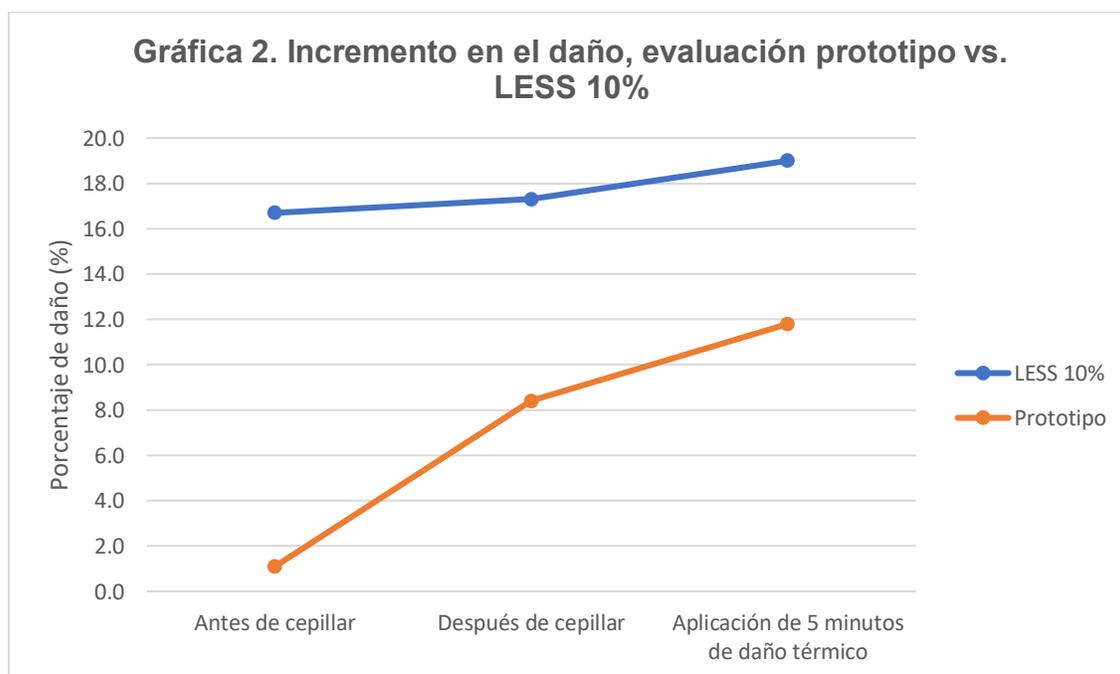
Gráfica 1. Porcentaje de reparación de puntas abiertas antes y después del cepillado.

Tabla 3. Índice de durabilidad (D) para el control, la fórmula prototipo y el benchmark.

Índice de durabilidad (D)	Control	Prototipo	Benchmark
	0.94	0.95	0.83

Tabla 4. Incremento del porcentaje de daño (generación de nuevas puntas abiertas), en mechucas de cabello en la evaluación de la fórmula prototipo versus Lauril Éter Sulfato de Sodio (LESS) al 10%, antes y después de cepillar. Más la aplicación de 5 minutos de daño térmico.

Porcentaje de daño (%)	Antes de cepillar	Después de cepillar	Aplicación de 5 minutos de daño térmico
LESS 10%	16.7	17.3	19.0
Prototipo	1.1	8.4	11.8



Gráfica 2. Incremento en el daño en la evaluación del prototipo vs. LESS 10%. Antes, después de cepillar y a los 5 minutos de daño térmico.

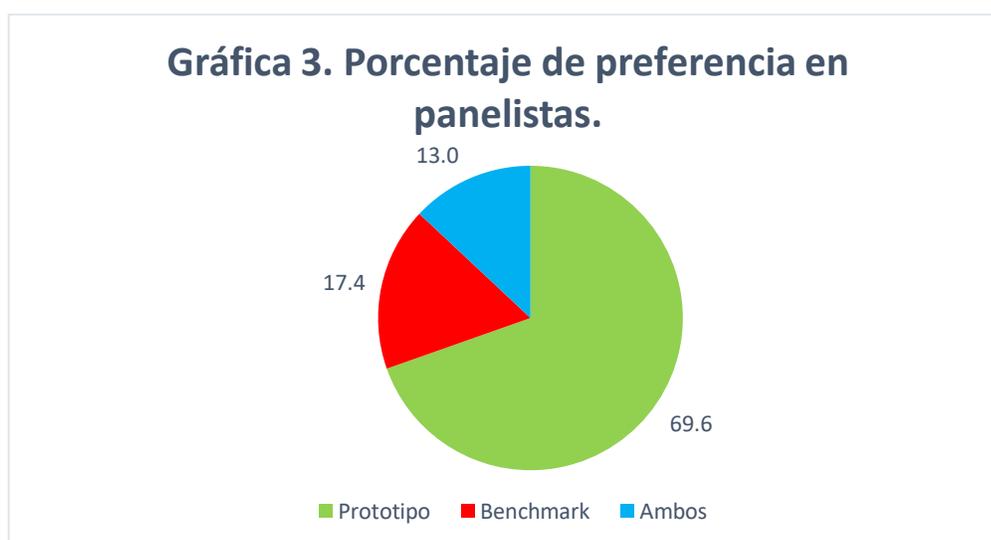
C. Evaluación post-tratamiento en mechas estandarizadas.

Tabla 5. Porcentaje de reparación total promedio para cada grupo de mechas después de las 7 evaluaciones como simulación de 1 semana de rutina del cuidado de cabello. Donde el producto X, para el grupo 1 es el control; grupo 2: LESS 10%; grupo 3: LESS 10% + 5 minutos de daño térmico; grupo 4: benchmark.

Grupo de mechas	Porcentaje de reparación (%)	
	Prototipo	Producto X
1	91.8	80.3
2	90.7	-31.9
3	87.9	-52.9
4	87.0	66.3
Promedio	89.4	-

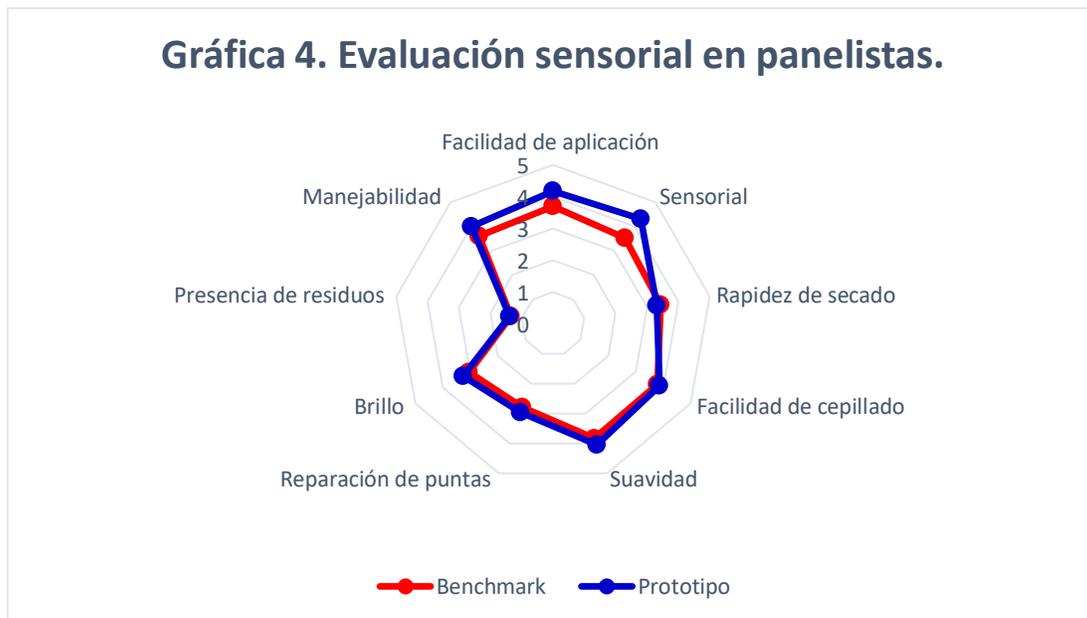
D. Evaluación en panelistas.

La evaluación en panelistas arrojó los siguientes resultados en porcentaje de preferencia después de la aplicación del primer cuestionario para evaluar el desempeño y aceptación del prototipo y el benchmark: 69.6%, 17.4% y 13.0%, para la fórmula prototipo, el benchmark y el control, respectivamente.



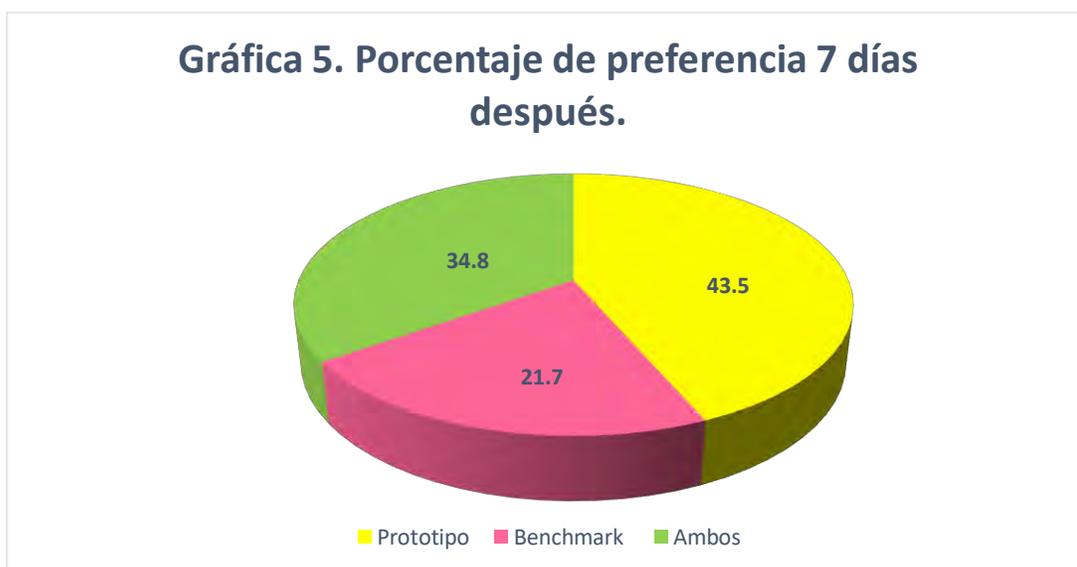
Gráfica 2. Porcentaje de preferencia de los panelistas para la fórmula prototipo y el benchmark.

En cuanto a la evaluación sensorial, los resultados a los parámetros evaluados se presentan en la gráfica 4.



Gráfica 3. Evaluación sensorial en panelistas.

El porcentaje de preferencia por el panel 7 días después de la prueba, se muestran a continuación en la **Gráfica 5.**, de acuerdo a la percepción de cada panelista considerando el lado del cabello donde permanecieron las puntas selladas y no hubo generación de nuevas puntas abiertas.



Gráfica 4. Porcentaje de preferencia 7 días después de la aplicación de la fórmula prototipo y el benchmark.

DISCUSIÓN

✓ Evaluación en mechas de cabello.

Con la metodología para generar daño en mechas de cabello humano, mediante un aparato de daño térmico/mecánico, como se aprecia en la **Tabla 1**, se obtuvo un 23.2% y 73.7% de puntas abiertas, como promedio de las 12 mechas utilizadas, a las 3 y 6 horas respectivamente. Esta abertura de puntas se debe principalmente, a los cortes progresivos con los dientes del cepillo, en la fibra del cabello; así como la eliminación de agua desde el córtex por la aplicación de calor. De acuerdo a estos resultados, se comprueba la efectividad de la metodología empleada para generar un daño a mechas de cabello humano y lograr su estandarización, con el fin de obtener una metodología con la que se obtengan resultados confiables, precisos, repetibles y reproducibles, al controlar variables como tiempo de daño, velocidad de cepillado y temperatura. Y presentar un coeficiente menor al 3% (de acuerdo a la NOM-177-SSA1-2013), con un valor del 2.2% y del 1.3% para los datos a las 3 y 6 horas, respectivamente.

En cuanto a la metodología empleada para evaluar el desempeño de la formulación prototipo, en la **Tabla 2** se observa un porcentaje de reparación del 93.4%, 97.4%, 80.3%, para el control, la fórmula prototipo y el benchmark, respectivamente. Después del cepillado la reparación fue del 87,4%, 92.2%, 67.0%, en el orden antes mencionado. Esto indica que el uso del cepillo (daño mecánico), es uno de los principales factores para la generación de puntas abiertas, al ejercer una fuerza de tensión en la fibra y con el tiempo generar cortes hasta su abertura. De igual forma disminuye un 5.2% el número de puntas abiertas del prototipo, en comparación con el benchmark cuyo porcentaje decrece un 13.3% (ver **Gráfica 1.**).

El análisis estadístico se realizó mediante pruebas de *t-student*: suponiendo varianzas desconocidas pero iguales; una prueba wilcoxon para datos no paramétricos y un análisis de varianza (ANOVA) para las pruebas en panelistas (datos completos ver en Anexo).

Al comparar la formulación prototipo versus el control, no hay una diferencia estadísticamente significativa al aplicar una prueba de *t-student*, con los resultados obtenidos antes ($t(4) = 2.03, p=0.05$) y después del cepillado de mechas ($t(4) = 1.98, p=0.05$). Como se mencionó en la metodología, el control es la fórmula base del prototipo sin el complejo polielectrolito, la cual presenta resultados positivos como reparador de puntas abiertas, esto se debe a que en su composición presenta Polyquaternium 37, Propylene Glycol Dicaprylate/Dicaprate y PPG-1 Trideceth-6 (**Figura 1.**), el cual es un homopolímero que actúa como agente de acondicionamiento, estabilizante de emulsiones y mejora la viscosidad de la formulación; químicamente presenta características de un polímero catiónico, el cual puede interactuar con los residuos de aminoácidos presentes en la queratina del cabello. Por otra parte, la formulación también presenta siliconas como dimeticona y ciclopentasiloxano, estas materias primas ayudan a formar una película en la superficie del cabello protegiéndolo de agentes agresores externos como la temperatura (Berthiaume, 1999).

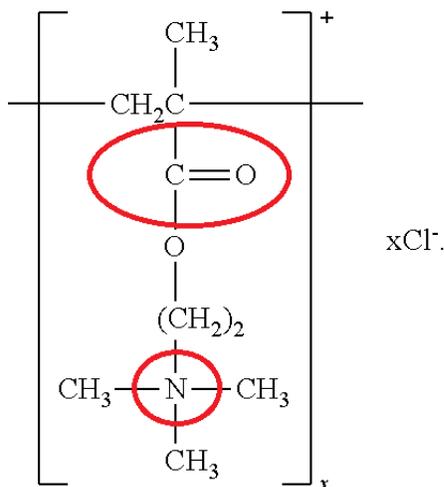


Figura 1. Estructura química del Polyquaternium 37. Las partes capaces de interactuar con la queratina se muestran marcadas en rojo.

En cuanto al prototipo versus el benchmark, este último en su formulación contiene poliacrilamida, cloruro de cetrimonio y amodimeticona como combinación de polímeros catiónicos y siliconas, los cuáles presentan una interacción con la queratina del cabello mediante enlaces iónicos, puentes de hidrógeno y algunos enlaces hidrofóbicos. Mientras que, la formulación prototipo completa, es decir, con el complejo polielectrolito, presenta un mayor porcentaje de reparación después del

cepillado, ya que dicho complejo se compone de PVM/MA Copolymer, el cual es la forma de ácido libre del copolímero de metil vinil éter y anhídrido maléico, y de la solución catiónica del Polyquaternium-28, el cual es un copolímero de vinilpirrolidona y cloruro de metacrilamidopropil trimetilamonio (**Figura 2.**), esta interacción entre polímeros se mantiene estable a través de enlaces covalentes. De acuerdo a la tabla donde se presenta la formulación del complejo polielectrolito (**2b**), el Polyquaternium-28 es el polímero catiónico y se encuentra en mayor proporción que el PVM/MA Copolymer; las cargas aniónicas de este último interactúan con las cargas catiónicas, formando el complejo polielectrolito. Al aplicar la fórmula prototipo en las fibras capilares, durante el secado el complejo polimérico forma una estructura reticular, la cual une a los subconjuntos de la fibra. Es decir, sirve de pegamento para la unión de las partes dañadas, esta interacción se encuentra ilustrada en la **Figura 3**. La mezcla de estos polímeros muestra una interacción sinérgica que pueden no presentar por sí solos, de acuerdo a esto la duración de la unión de las puntas reparadas es mayor que el uso solo de polímeros con una sola carga, como es el caso del benchmark, presentando una diferencia estadísticamente significativa ($t(2) = 3.73, p=0.05$).

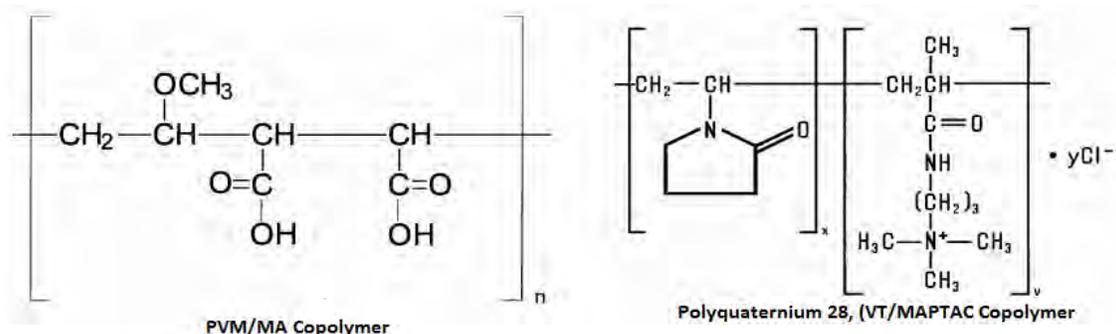


Figura 2. Estructuras químicas de los componentes del complejo polielectrolito.

De acuerdo al mecanismo anterior, los resultados se ven reflejados en el índice de durabilidad (ver **Tabla 3.**), el cual indica la resistencia relativa de producto al someterse a un método mecánico que pueda degradarlo, siendo el cociente entre el porcentaje de reparación después del cepillado y el porcentaje de reparación antes del cepillado. Donde un índice de durabilidad (D) = 1.0 es el máximo y el mínimo es un $D = 0$ (Rigoletto *et al.*, 2007).

Éste índice se encuentra en función de la cantidad de siliconas y polímeros presentes en la formulación, en el caso del benchmark, actúa mediante la interacción de las materias primas anteriores más los activos de proteínas y extractos de frutas con la queratina del cabello, mediante numerosos pero débiles enlaces de tipo covalente entre la queratina y los residuos de cistina de la proteína (Teglia & Secchi, 1999) y de esta manera mantener sellada las puntas abiertas (**Figura 4.**), aunque al ser un interacción débil, la resistencia del producto a una fuerza externa, como lo es el cepillado, hace que las puntas se vuelvan a abrir.

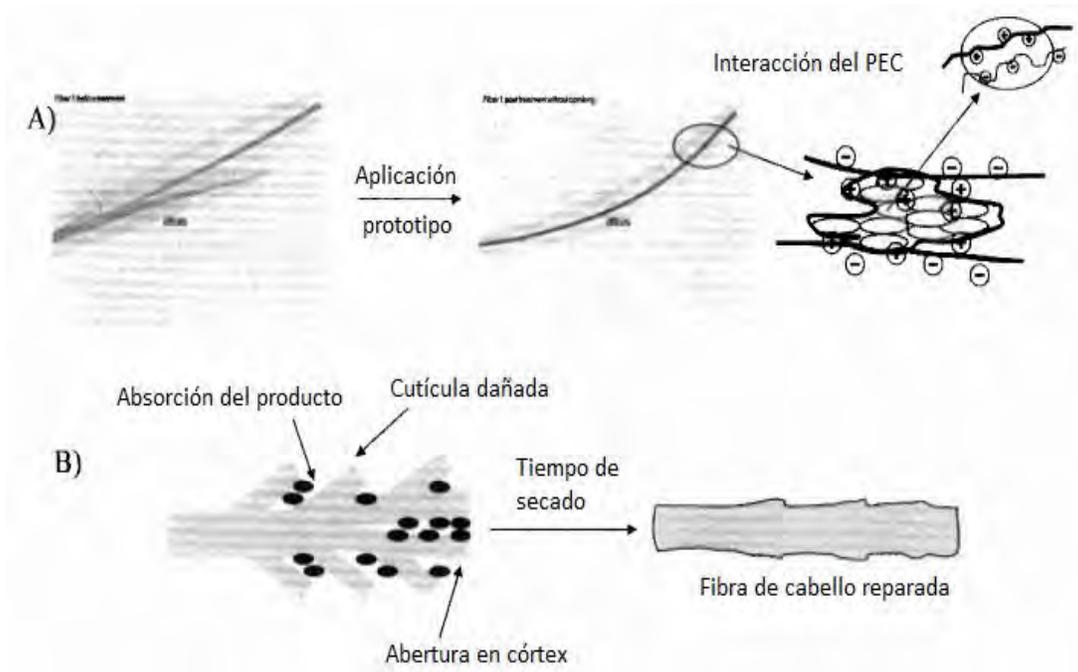


Figura 3. Mecanismo para la reparación de puntas abiertas. (A) Estructura reticular del complejo polielectrolito - PEC. (B) Unión de la cutícula y de la punta abierta durante el proceso de secado. Imagen modificada de Rigoletto et al. (2007).

En cuanto a la fórmula prototipo el índice de durabilidad es mayor, debido a que el conjunto de las siliconas con los polímeros catiónicos, aumentan su deposición en las fibras capilares, probablemente debido al hecho de que el complejo polimérico reside en la interfaz silicona/agua, aumentando el potencial zeta de la gota de la emulsión e impulsando el proceso de deposición iónica. Por lo que el uso continuo de un producto que contiene fluidos de silicona y tensoactivos catiónicos aminofuncionales (que pueden unirse a aminoácidos), la silicona continuará depositándose sobre la superficie de la fibra mejorando la apariencia física de las misma y formando un filme en la superficie (Berthiaume, 1999).

Por otra parte, el complejo polielectrolito se deposita mediante una atracción electrostática con la superficie de la fibra, así como desde el interior de esta (**Figura 5.**), ya que la unión con las siliconas favorece la absorción del complejo, así como su interacción con los residuos de aminoácidos (Terada *et al*, 2013). Se aumenta la resistencia del daño mecánico, así como la cantidad de puntas abiertas que se mantienen selladas.

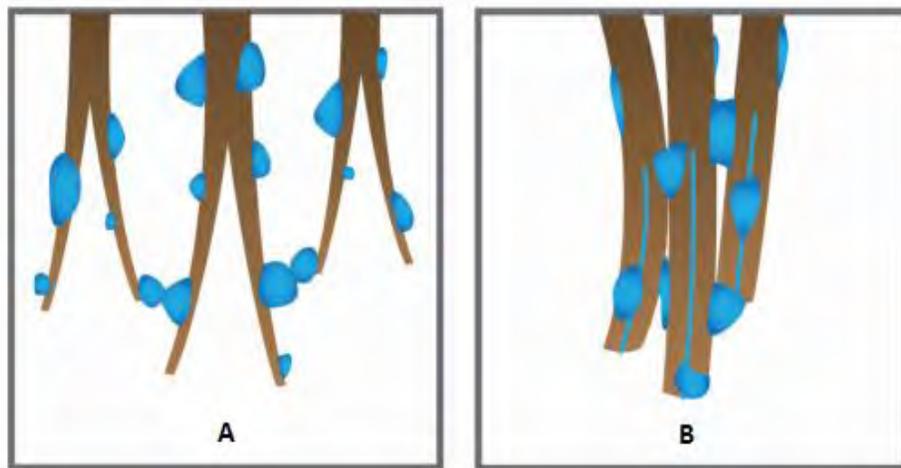


Figura 4. Mecanismo de reparación de puntas abiertas del benchmark. (A) La fórmula se deposita en las fibras capilares. (B) Interacción con la queratina del cabello para sellar las puntas abiertas. Living proof (2016.)

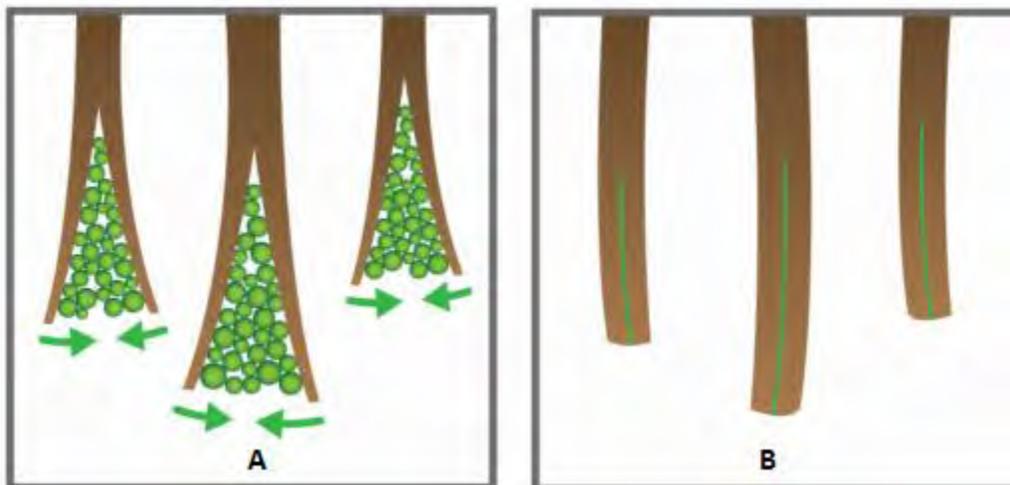


Figura 5. Mecanismo de reparación de puntas abiertas con la fórmula prototipo. (A) Interacción con la fibra capilar desde el interior. (B) Fibra sellada. Living proof (2016)

Mientras tanto en la evaluación versus Lauril Éter Sulfato de Sodio (LESS) al 10% (ver **Tabla 4.**), se realizó un análisis para las mechas tratadas con LESS y con el prototipo, antes y después de cepillar. Se obtuvieron los siguientes resultados de *t-student* (ver **Gráfica 2.**)

Producto aplicado	Valor <i>t-student</i>	Conclusión
LESS 10%	$t(4) = 0.75, p = 0.05$	No hay diferencia estadísticamente significativa.
Prototipo	$t(4) = 4.31, p = 0.05$	Hay diferencia estadísticamente significativa.

En cuanto al análisis de *t-student* después de aplicar 5 minutos de daño térmico, para las mechas tratadas con LESS y con el prototipo, los valores se presentan a continuación:

Producto aplicado	Valor <i>t-student</i>	Conclusión
LESS 10%	$t(4) = 0.08, p = 0.05$	No hay diferencia estadísticamente significativa.
Prototipo	$t(4) = 5.08, p = 0.05$	Hay diferencia estadísticamente significativa.

Esto significa que el daño térmico es un factor importante para la generación de puntas abiertas, y en conjunto con el daño mecánico, existe una sinergia que agrava el daño al cabello, desde el interior se elimina el agua presente en el córtex, debido a que la queratina del cabello pasa de una conformación α a una estructura β , la cual es más laxa y permite el libre tránsito de las moléculas de agua hacia el exterior.

La evaluación anterior demuestra que el uso continuo de champús, en este caso mediante el uso de LESS al 10%, propicia el daño del cabello al generar un mayor número de puntas abiertas, esto se debe a la concentración y tipo de tensoactivos que se tienen en la formulación, así como al continuo daño que propician los tensoactivos.

Con los resultados obtenidos post-tratamiento (**Tabla 5.**) se puede observar que, al dejar de utilizar un producto reparador de puntas abiertas, estas vuelven a abrirse y el porcentaje de puntas selladas disminuye, aunque el prototipo presenta un porcentaje de reparación mayor (88.9% como promedio de las 12 mechas), que las tratadas con la fórmula control, benchmark, LESS 10% y LESS 10% más 5 minutos de daño térmico.

✓ **Evaluación en panelistas.**

En cuanto a la evaluación en panelistas (ver **Gráfica 3.**), el 69.6% de los panelistas prefirieron el uso de la formulación prototipo; un 17.4% del panel prefirió el benchmark y el 13.0% tuvo preferencia por ambos productos, de acuerdo al desempeño y funcionalidad de ambos productos.

En la **Gráfica 4**, se encuentran representadas las principales características evaluadas sensorialmente; los parámetros de rapidez de secado, facilidad de peinado, suavidad, reparación de puntas abiertas y presencia de residuos, presentan un comportamiento similar en ambos productos; mientras que características como el brillo, manejabilidad del cabello, facilidad de aplicación del producto y el sensorial, la fórmula prototipo presenta un mejor desempeño. En el parámetro de facilidad de aplicación, la preferencia mayor por el prototipo se puede deber a la apariencia física de cada formulación; la fórmula prototipo presenta una viscosidad mayor, al benchmark. Por lo que los panelistas argumentaron que, al ser una fórmula casi líquida, el benchmark, se deslizaba fácilmente por la palma de las manos y una cantidad menor era aplicada en el cabello. Esto también favorece a la fórmula prototipo en cuanto al parámetro del sensorial, ya que, al contener materias primas como las siliconas, aumentan el brillo y la suavidad en las fibras del cabello.

Los resultados obtenidos después de 7 días de realizar el cuestionario de evaluación de desempeño (ver **Gráfica 5.**) indican que la preferencia por la fórmula prototipo disminuyó un 26.1%, mientras que el benchmark y la preferencia por ambos productos aumenta un 4.3% y 21.8%, respectivamente. Esta disminución en la preferencia por el prototipo se debe a que los panelistas dejaron de utilizar ambas formulaciones para reparar las puntas abiertas, sin embargo, utilizaron sus propios productos en su rutina de limpieza y cuidado del cabello, pudiendo llegar a afectar negativamente la durabilidad de reparación del benchmark y el prototipo.

Finalmente, existe una diferencia estadísticamente significativa $F(1,17) = 0.0013$, $p = 0.05$, entre los parámetros sensoriales evaluados en panelistas para la fórmula prototipo versus el benchmark y como evaluación de desempeño entre ambos productos $Z(0.002) = 1.5$, $p = 0.05$. Por lo que existe concordancia con los resultados obtenidos en mechadas de cabello. De acuerdo a esto ambas metodologías son aptas para sustentar el parámetro de reparación de puntas abiertas.

CONCLUSIONES

Se desarrolló una metodología estandarizada, con resultados confiables, precisos, repetibles y reproducibles, mediante la reproducción por triplicado de cada prueba, con el fin de causar el daño en mechadas de cabello humano para formar puntas abiertas debido al daño térmico y mecánico, al presentar un porcentaje de coeficiente de variación (%CV) del 2.2% y del 1.3% para los datos a las 3 y 6 horas, respectivamente. Cumpliendo con lo establecido por la NOM-177-SSA1-2013, para la validación de un método analítico.

Se generaron un porcentaje de puntas abiertas de 23.2% y un 73.7%, después de 3 y 6 horas.

En la propuesta de las metodologías de evaluación en mechadas podemos observar que existe una diferencia significativa entre el benchmark y la fórmula prototipo, al presentar un porcentaje de reparación de 60.7% y 92.2% respectivamente, después del cepillado.

El índice de durabilidad es mayor en la fórmula prototipo que en el bechmark, con un valor de 0.95 y 0.83, respectivamente. Lo cual indica que el uso continuo de ambos productos favorece su desempeño y los resultados como reparadores de puntas abiertas.

El uso de un daño térmico durante 5 minutos incrementa el número de puntas abiertas un 19.0% con el uso de LESS 10% y un 11.8% al utilizar el prototipo.

La evaluación sensorial del producto con panelistas complementa el estudio realizado. Donde el panel seleccionado presenta una preferencia del 69.6% por la fórmula prototipo, con una diferencia estadísticamente significativa con respecto al benchmark.

BIBLIOGRAFÍA

- Alda, F.L. (1 de diciembre de 2015) *El Sistema Tegumentario* [Entrada en blog]. Recuperado de: http://b-log-ia20.blogspot.mx/2015_12_01_archive.html
- Amay, J. (9 de noviembre de 2016) How to get rid of split ends – without getting a haircut. *The Fashion Spot*. EU. Recuperado de: <http://www.thefashionspot.com/>
- Berthiaume M.D. (1999) Silicones in Cosmetics. En: E. Desmond Goddard y James E. Gruber. *Principles of Polymer Science and Technology in Cosmetics and Personal Care*. (289-320). Nueva York, EU. Marcel Dekker, Inc.
- Business Dictionary (2017). Benchmark Dictionary. EU. Recuperado de: <http://www.businessdictionary.com/>
- CANIPEC. (2015) Informe Anual 2015. Recuperado de: http://www.canipec.org.mx/woo/index.php?option=com_content&view=frontpage&Itemid=1
- Clauzel, M., Johnson, E., Nylander, T., Panandiker, R., Sivik, M. y Piculell, L. (2011) Surface Deposition and Phase Behavior of Oppositely Charged Polyion – Surfactant Ion Complexes. Delivery of Silicone Oil Emulsions to Hydrophobic and Hydrophilic Surfaces. *ACS Appl Mater Interfaces*, 3, 2451-2462.
- Did you know there are 16 different types of split ends? (2017). Hair Care Regimen: How to make your hair grow faster. Tips. EU. Recuperado de: <http://www.howtomakeyourhairgrowfastertips.com/did-you-know-there-are-16-different-types-of-split-ends/>
- Evans, T. (2012). Hair Breakage. En: T. Evans & R.R. Wickett. *Practical Modern Hair Science*. (39-70). Illinois, EU: Allured books.
- Evans, T. y Park, K. (2010). A statistical analysis of hair breakage. II. Repeating grooming experiments. *J Cosmet Sci*, 61, 439-455.
- Feughelman, M. (1997). Morphology and Properties of Hair. En: D. H. Johnson. *Hair and Hair Care*. (1-12). New York, EU: Marcel Dekker, Inc.
- Font, E. (2004) Fotoprotección capilar. *OFFARM Dermofarmacia*, 23(7), 76-81.

- García, M. T. (2014) *Estructura del cabello* [Power Point Slides]. Recuperado de: <http://es.slideshare.net/montitgar/estructura-del-cabello-41649207>
- Guzmán, D., Alfaro, N. y Sandoval-Tress, C. Estructura molecular y desarrollo del pelo. *Dermatología CQM*. 8(1) 54-61 (2010).
- Haake, H. M., Marten S., Seipel, W. y Eisfeld, W. (2009). Hair breakage – How to measure and counteract. *J Cosmet Sci*, 60, 143-151.
- Hernández, E. (2005). Evaluación Sensorial. Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería, UNAD. 11-13.
- International Speciality Products. (2011). Paired Comparison of the Split End Mending Hair Repair Creams with and without Polyelectrolyte Complex (PEC) by Panelists.
- Iwata H. y Shimada K. (2013). *Formulas, Ingredients and Production of Cosmetics*. Tokio, Japón. Springer Sciences & Business Media.
- Karibyants, N., Dautzenberg, H. y Cölfen, H. (1997). Characterization of PSS/PDADMAC-co-AA Polyelectrolyte Complexes and Their Stoichiometry Using Analytical Ultracentrifugation. [Figura modificada] Recuperado de *Macromolecules*, 30, 7803-7809.
- Living Proof. (2016). Sephora perfect hair day fresh technology. [Figuras modificadas] Recuperado de <http://www.sephora.com/>
- Popescu, C. (2012). Hair Damage. En: T. Evans & R.R. Wickett., *Practical Modern Hair Science*. (367-387). Illinois, EU: Allured books.
- Rigoletto, R., Zhou, Y. y Foltis, L. (2007). Semi-permanent Split end mending with a polyelectrolyte complex. *J Cosmet Sci*, 58, 451-476.
- Robbins, C. (2009) The cell membrane complex: Three related but different cellular cohesion components of mammalian hair fibers. *J Cosmet Sci*, 60, 437-465.
- Ruckart J. P. (2009) Systems and methods for combing, drying, and straightening hair. [Figura modificada] Recuperado de <https://www.google.com/patents/US20090101160>
- Schutz, H.G. (1973) Sources invalidity in the Sensory Evaluation of Food. *Food Techn*, 25(3), 53, 56-57.

- Statista. El Portal de estadísticas. (2016). Cota del mercado mundial de cosméticos, perfumería y productos de higiene en 2016, por tipo de producto. [Gráfica] Recuperado de <https://es.statista.com/>
- Statista. El portal de estadísticas. (2016). Tamaño del Mercado de Cuidado de Cabello global desde 2012 hasta 2021 (en millones de dólares USD). [Gráfica] Recuperado de <https://es.statista.com/>
- Stricane, C. y Sayer, R.M. (2013). Establishing Hair Care Sensory Testing Capabilities. *Cosmet Sci Technology*. Recuperado de <http://www.cosmeticsciencetechnology.com/>
- Suro, J.A., Gutiérrez, L., Ruíz, J. y Bouhanna, P. (2007) El Pelo. Generalidades y funciones. *Dermatología CQM*, 5(4), 218-223.
- Sustaita, H. (s.f.) *A close look at the Properties of Hair and Scalp. Chemical Composition of Hair*. Houston, EU. Houston Community College – Northwest. Recuperado de: <http://www.texascollaborative.org/hildasustaita/hairpage.htm>
- Svensson, A., Johnson, E., Nylander, T y Piculell, L. (2010). Surface Deposition and Phase Behavior of Oppositely Charged Polyion – Surfactant Ion Complexes. 2. A Means to Deliver Silicone Oil to Hydrophilic Surfaces. *ACS Appl Mater Interfaces*, 20 (1), 143-156.
- Swift, J. A. (1997). Mechanism of split-end formation in human head hair. *J Soc Cosmet Chem*, 48, 123-126.
- Swift, JA. y Bews, B. (1974) The Chemistry of human hair cuticle. Part 1. A new method for the physical isolation of cuticle. *J Soc Cosmet Chem*, 25, 13-22.
- Teglia, A y Secchi, G. (1999). Proteins in Cosmetics. En: E. Desmond Goddard y James E. Gruber. *Principles of Polymer Science and Technology in Cosmetics and Personal Care*. (448-449). Nueva York, EU. Marcel Dekker, Inc.
- Terada, E., Samoshina, Y., Nylander, T. y Lindman, B. (2004). Adsorption of Cationic Cellulose Derivative/Anionic Surfactant Complexes onto Solid Surfaces. II. Hydrophobized Silica Surfaces. *Langmuir*, 20, 6692-6701.
- Tinoco, Z. y Sáenz, D. (1999). Investigación Científica: Protocolos de Investigación. *Fármacos*, 12 (1), 78-101.

- Universidad de Andalucía. (10 de septiembre de 2010). "El cabello: Estructura, propiedades, composición química, ciclo, tipos y clases de cabello. Pautas para la determinación de: distribución, longitud, calidad, color, forma e implantación". *Revista digital para profesionales de la enseñanza*, (4023), p.1-10.
- Velasco, M., Dias, T., Freitas, A., Vieira, N., Pinto, C., Kaneko, T. y Baby, A. (2009) Hair fiber characteristics and methods to evaluate hair physical and mechanical properties. *Bra J Pha Sci*, 45(1), 153-162.
- Volkin, D.B. y Klibanov, A.M. (1987) Thermal destruction processes in proteins involving cystine residues. *J Biol Chem*, 262(7), 2945-2950.
- Wedderburn, D.L. y Prall, J.K. (1973). Hair Product Evaluation: From Laboratory Bench to Consumer and Back Again. *J Soc Cosmet Chem*, 24, 561-576.
- Wickett, R.R. y Winkle, J.L. (2012). Mechanical Properties of Hair. En: T. Evans & R.R. Wickett., *Practical Modern Hair Science*. (223-250). Illinois, EU: Allured books.
- Wikilson, J.B. y Moore, R. J. (1990). *Cosmetología de Harry*. Madrid, España. Ediciones Días de Santos, S.A.
- Zhang, Y. y Yang, C. (2012). Hair Development, Growth and Loss. En: T. Evans & R.R. Wickett. *Practical Modern Hair Science*. (39-70). Illinois, EU: Allured books.
- Zuluaga, D.F. (junio 2006). Benchmarking como herramienta de evaluación y diagnóstico de sistemas de innovación. Primer Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación CTS+I. México.

ANEXO

Imagen 1 y 2. Aparato de daño térmico y mecánico para la producción de puntas abiertas en mechones de cabello humano, desarrollado por Ashland.



Tabla 6. Cantidad de fibras capilares en mechass de cabello humano virgen.

Número de mecha	Fibras de cabello totales
1	3680
2	3974
3	3130
4	3764
5	3165
6	3070
7	3757
8	4000
9	3800
10	3578
11	3495
12	4268

Tabla 7. Cantidad de puntas abiertas generadas mediante el aparato de daño térmico/mecánico, así como el porcentaje de daño para cada mecha, después de 3 horas.

Número de mecha	Fibras dañadas	Porcentaje de daño (%)
1	814	22.12
2	1150	28.95
3	696	22.24
4	791	21.01
5	604	19.08
6	730	23.78
7	746	19.86
8	903	22.58
9	1087	28.60

10	870	24.32
11	703	20.12
12	1074	25.17

Tabla 8. Cantidad de puntas abiertas generadas mediante el aparato de daño térmico/mecánico, así como el porcentaje de daño para cada mecha, después de 6 horas.

Número de mecha	Fibras dañadas	Porcentaje de daño (%)
1	2750	74.73
2	2812	70.77
3	2195	70.13
4	2736	72.69
5	2332	73.67
6	2383	77.62
7	2951	78.56
8	3163	79.08
9	2672	70.32
10	2597	72.58
11	2456	70.27
12	3154	73.89

Tabla 9. Monitoreo de temperatura en las mechas de cabello, cada 15 minutos. Durante las primeras 3 horas de daño térmico/mecánico.

Temperatura (°C)

Tiempo (min)	# Mecha											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	70	63	70	70	72	75	68	80	80	80	75	67
15	73	68	71	71	74	71	83	70	80	79	72	70
30	71	70	72	71	75	63	80	73	84	75	73	70
45	72	72	70	72	76	66	79	77	80	80	75	70
60	75	73	76	74	75	61	80	75	80	75	78	75
75	75	75	78	75	75	60	76	70	74	75	80	77
90	78	75	80	78	78	80	80	70	76	76	81	75
105	80	75	80	79	80	81	84	70	80	77	82	73
120	80	78	81	80	82	80	80	70	82	80	82	75
135	81	78	82	80	82	76	78	70	85	80	80	73
150	80	80	80	83	82	70	72	77	80	80	80	73
165	80	82	81	83	83	78	80	70	85	80	80	75
180	80	82	82	82	82	71	79	73	80	80	80	75
Promedio	77	75	77	77	78	71	78	73	80	78	78	73

Tabla 10. Monitoreo de temperatura en las mechas de cabello, cada 15 minutos. Durante las siguientes 3 horas de daño térmico/mecánico.

Tiempo (min)	Temperatura (°C)											
	# Mecha											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	71	80	70	73	65	65	71	72	77	70	73	65
15	76	82	72	71	60	63	70	78	78	73	75	74
30	75	85	73	72	79	72	70	70	77	75	76	74
45	72	85	72	74	85	70	70	70	70	75	80	80
60	73	81	75	72	81	70	73	70	70	80	82	80
75	73	81	77	72	88	72	70	78	75	80	82	89
90	75	80	78	76	88	71	71	72	72	81	80	87
105	78	83	81	78	87	76	72	70	78	82	80	87
120	78	85	80	81	81	79	75	70	75	82	80	85
135	80	83	81	80	82	79	70	71	71	82	81	87
150	81	80	80	81	85	79	72	71	72	82	87	87
165	81	81	78	80	83	76	71	71	74	80	86	82
180	80	82	81	79	85	76	70	71	74	80	86	82
Promedio	76	82	77	76	81	73	71	72	74	79	81	81

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

- **Evaluación del desempeño (Fórmula prototipo vs. Control).**

Se realizó una prueba t-student suponiendo varianzas iguales. El planteamiento de hipótesis, fue el siguiente:

H₀: Desempeño fórmula prototipo = Desempeño de fórmula control

H₁: Desempeño fórmula prototipo ≠ Desempeño de fórmula control

Tabla 11. Prueba *t*-student en la evaluación de desempeño de la fórmula prototipo vs. Control, **antes de cepillar**.

	Prototipo	Control
Observaciones	3	3
Media	97.3527	93.4379
Desviación Estándar	0.7871	1.0273
Grados de libertad	4	
Diferencia de las medias	3.9148	
α	0.05	
<i>t</i> estadística	2.1318	
<i>t</i> calculada	2.0394	

Conclusión estadística: No hay suficiente evidencia para rechazar H_0 .

Tabla 12. Prueba *t*-student en la evaluación de desempeño de la fórmula prototipo vs. Control, **después de cepillar**.

	Prototipo	Control
Observaciones	3	3
Media	92.1938	87.3873
Desviación estándar	1.2392	1.6815
Grados de libertad	4	
Diferencia de las medias	4.8065	
α	0.05	
<i>t</i> estadística	2.1318	
<i>t</i> calculada	1.9856	

Conclusión estadística: No hay suficiente evidencia para rechazar H_0 .

- **Evaluación del desempeño (Fórmula prototipo vs. Benchmark).**

Se realizó una prueba *t*-student suponiendo varianzas iguales. El planteamiento de hipótesis, fue el siguiente:

H_0 : Desempeño fórmula prototipo = Desempeño benchmark

H_1 : Desempeño fórmula prototipo \neq Desempeño benchmark

Tabla 13. Prueba *t*-student en la evaluación de desempeño de la fórmula prototipo vs. benchmark, **antes de cepillar**.

	Prototipo	Benchmark
Observaciones	3	3
Media	97.7911	80.5267
Desviación Estándar	0.3305	1.3166
Grados de libertad	4	
Diferencia de las medias	17.2644	
α	0.05	
<i>t</i> estadística	2.1318	
<i>t</i> calculada	2.0881	

Conclusión estadística: No hay suficiente evidencia para rechazar H_0 .

Tabla 14. Prueba *t*-student en la evaluación de desempeño de la fórmula prototipo vs. benchmark, **después de cepillar**.

	Prototipo	Control
Observaciones	3	3
Media	87.9425	66.9714
Desviación estándar	1.7068	1.4475
Grados de libertad	4	
Diferencia de las medias	20.9711	
α	0.05	
<i>t</i> estadística	2.1318	
<i>t</i> calculada	3.7311	

Conclusión estadística: Se rechaza H_0 .

- **Evaluación del incremento del porcentaje de daño en mechas tratadas con LESS 10% (Antes vs. Después de cepillar).**

Se realizó una prueba *t*-student suponiendo varianzas iguales. El planteamiento de hipótesis, fue el siguiente:

H_0 : Daño antes de cepillar = Daño después de cepillar

H_1 : Daño antes de cepillar \neq Daño después de cepillar

Tabla 15. Prueba *t-student* en la evaluación del incremento del porcentaje de daño antes de cepillar vs. Después de cepillar.

	Antes	Después
Observaciones	3	3
Media	16.6750	17.2960
Desviación Estándar	1.4328	0.0673
Grados de libertad	4	
Diferencia de las medias	0.621	
α	0.05	
<i>t</i> estadística	2.1318	
<i>t</i> calculada	0.7499	

Conclusión estadística: No hay suficiente evidencia para rechazar H_0 .

- **Evaluación del incremento del porcentaje de daño en mechas tratadas con LESS 10% (Después de cepillar vs. 5 minutos de daño térmico).**

Se realizó una prueba *t-student* suponiendo varianzas iguales. El planteamiento de hipótesis, fue el siguiente:

H_0 : Daño después de cepillar = Daño después de 5 minutos de daño térmico

H_1 : Daño después de cepillar \neq Daño después de 5 minutos de daño térmico

Tabla 16. Prueba *t-student* en la evaluación del incremento del porcentaje de daño después de cepillar vs. Después de 5 minutos de daño térmico.

	Después de cepillar	5 minutos daño térmico
Observaciones	3	3
Media	17.2960	19.0270
Desviación Estándar	0.0673	0.1522
Grados de libertad	4	
Diferencia de las medias	1.7310	
α	0.05	
<i>t</i> estadística	2.1318	
<i>t</i> calculada	0.0776	

Conclusión estadística: No hay suficiente evidencia para rechazar H_0 .

- **Evaluación del incremento del porcentaje de daño en mechas tratadas con prototipo + LESS 10% (Antes vs. Después de cepillar).**

Se realizó una prueba t-student suponiendo varianzas iguales. El planteamiento de hipótesis, fue el siguiente:

H_0 : Daño antes de cepillar = Daño después de cepillar

H_1 : Daño antes de cepillar \neq Daño después de cepillar

Tabla 17. Prueba *t-student* en la evaluación del incremento del porcentaje de daño antes de cepillar vs. Después de cepillar.

	Antes	Después
Observaciones	3	3
Media	98.8535	91.5652
Desviación Estándar	0.6835	2.8511
Grados de libertad	4	
Diferencia de las medias	7.2883	
α	0.05	
<i>t</i> estadística	2.1318	
<i>t</i> calculada	4.3057	

Conclusión estadística: Se rechaza H_0 .

- **Evaluación del incremento del porcentaje de daño en mechas tratadas con prototipo + LESS 10% (Después de cepillar vs. 5 minutos de daño térmico).**

Se realizó una prueba t-student suponiendo varianzas iguales. El planteamiento de hipótesis, fue el siguiente:

H_0 : Daño después de cepillar = Daño después de 5 minutos de daño térmico

H_1 : Daño después de cepillar \neq Daño después de 5 minutos de daño térmico

Tabla 18. Prueba *t-student* en la evaluación del incremento del porcentaje de daño después de cepillar vs. Después de 5 minutos de daño térmico.

	Después de cepillar	+ Daño térmico
Observaciones	3	3
Media	91.5652	88.2405
Desviación Estándar	2.8511	0.8812
Grados de libertad	4	
Diferencia de las medias	3.3247	
α	0.05	
<i>t</i> estadística	2.1318	
<i>t</i> calculada	5.0775	

Conclusión estadística: Se rechaza H_0 .

- **Evaluación de desempeño para parámetros sensoriales en panelistas (Fórmula prototipo vs. Control)**

Se realizó una prueba Wilcoxon para datos no paramétricos en panelistas El planteamiento de hipótesis, fue el siguiente:

H_0 : Desempeño fórmula prototipo = Desempeño benchmark

H_1 : Desempeño fórmula prototipo \neq Desempeño benchmark

Tabla 19. Prueba Wilcoxon para evaluar desempeño de la fórmula prototipo vs. Benchmark en **panelistas**.

	Prototipo	Benchmark
Observaciones	9	9
Suma de rangos	-2.3913	0.1304
Media	4.5	
Binomial	0.098	
α	0.05	
<i>p</i>	0.002	
<i>z</i> calculada	1.5	

Conclusión estadística: Se rechaza H_0 .

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) en parámetros sensoriales en panelistas. El planteamiento de hipótesis, fue el siguiente:

H₀: Desempeño fórmula prototipo = Desempeño benchmark

H₁: Desempeño fórmula prototipo ≠ Desempeño benchmark

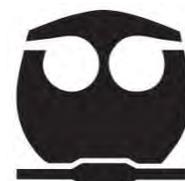
Tabla 20. Análisis de varianza para evaluar desempeño de la fórmula prototipo vs. Benchmark en **panelistas**.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculada	F tablas
Tratamientos	0.2839	1	0.2839	0.0013	4.4513
Error	3439.2506	16	214.9532		
Total	3439.5346	17			

Conclusión estadística: Se rechaza H₀.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



FACULTAD DE QUÍMICA

CARTA DE CONSENTIMIENTO

Ciudad De México, a 11 de octubre de 2016

No. Voluntario: _____

Yo _____
de _____ años , certifico en este documento que he sido informado(a) con la claridad y veracidad debida, respecto al ejercicio académico que la estudiante Janeth Cristal Moreno Yañez me ha invitado a participar, el cual consiste en la **evaluación de desempeño de un reparador de puntas abiertas**, con el fin de conocer la funcionalidad del producto de manera perceptiva, así como parámetros de índice sensorial en el cabello (suavidad, peinabilidad, brillo, manejabilidad, etc.). Actúo consecuente, libre y voluntariamente como colaborador, contribuyendo a ésta prueba de forma activa.

Soy conocedor(a) de la autonomía suficiente que poseo para retirarme u oponerme al ejercicio académico, cuando lo crea conveniente y sin necesidad de justificación alguna, además que se respetará la confiabilidad de la información por mi suministrada.

Nombre y firma del colaborador

Cuestionario – evaluación en panelistas (Reparador de puntas abiertas)

Nombre: _____

Muestra A: **Lado Derecho**

Muestra B: **Lado Izquierdo**

Fecha: _____

Panelista no.: _____

1. ¿Considera usted que tiene puntas abiertas? **Si / No**
2. ¿Cuál es su tipo de cabello?

Teñido	Permanente	Alaciado	Planchado 1-3 x semana	Planchado >3 x semana	Ninguno

3. ¿Cuál es la forma de su cabello?

Rizado	Ondulado	Lacio

4. Determine la longitud de su cabello:

Largo (a la cintura)	Mediano (media espalda)	Corto (al hombro)

5. ¿Cuál de los siguientes productos utilizas?

Shampoo	Acondicionador	Máscara o tratamiento capilar	Loción	Ampolleta	Tratamiento de reparación

6. ¿Utilizas algún producto de fijación?

Gel	Mousse	Crema para peinar	Cera	Hairspray

Fecha: _____

No. Panelista: _____

Nombre: _____

EVALUACIÓN DEL PRODUCTO

Marcar con una (X) la calificación que sea de su elección para cada uno de los parámetros.

1. ¿Utilizó los productos?: **Si / No**
2. ¿Siguió las indicaciones de uso de los productos?: **Si / No ¿Por qué?**

3. ¿Por cuántos días realizó la rutina?

7 días	≥5 días	≥3 días	2 días	1 día

4. En general ¿cómo evaluaría la **muestra A (lado derecho)**?

5. En general ¿cómo evaluaría la **muestra B (lado izquierdo)**?

Durante la aplicación

- a) ¿Qué tan fácil es la aplicación de la **muestra A (lado derecho)**?

Muy fácil	Fácil	Normal	Difícil	Muy difícil
5	4	3	2	1

- b) ¿Qué tan fácil es la aplicación de la **muestra B (lado izquierdo)**?

Muy fácil	Fácil	Normal	Difícil	Muy difícil
5	4	3	2	1

- c) Durante la aplicación del producto ¿qué sensorial le general la **muestra A**?

Muy sedoso	Sedoso	Tipo goma	Pegajoso	Muy pegajoso
5	4	3	2	1

- d) Durante la aplicación del producto ¿qué sensorial le general la **muestra B**?

Muy sedoso	Sedoso	Tipo goma	Pegajoso	Muy pegajoso
5	4	3	2	1

Después de la aplicación

A. De la **Muestra A** ¿cuál es la rapidez con que tarda en secar el producto?

Muy rápido	Rápido	Media	Lento	Muy lento
5	4	3	2	1

B. De la **Muestra B** ¿cuál es la rapidez con que tarda en secar el producto?

Muy rápido	Rápido	Media	Lento	Muy lento
5	4	3	2	1

C. Para la **muestra A** ¿considera que el cabello puede ser cepillado de qué manera?

Muy fácil	Fácil	Normal	Difícil	Muy difícil
5	4	3	2	1

D. Para la **muestra B** ¿considera que el cabello puede ser cepillado de qué manera?

Muy fácil	Fácil	Normal	Difícil	Muy difícil
5	4	3	2	1

E. De acuerdo a la suavidad del cabello, la **Muestra A** deja el cabello:

Muy suave	Suave	Duro	Áspero	Muy áspero
5	4	3	2	1

F. De acuerdo a la suavidad del cabello, la **Muestra B** deja el cabello:

Muy suave	Suave	Duro	Áspero	Muy áspero
5	4	3	2	1

G. La **muestra A** genera una apariencia visual en las fibras de cabello:

Completamente reparado	Reparado	Medianamente reparado	Poco reparado	Sin reparar
5	4	3	2	1

H. La **muestra B** genera una apariencia visual en las fibras de cabello:

Completamente reparado	Reparado	Medianamente reparado	Poco reparado	Sin reparar
5	4	3	2	1

I. De acuerdo al brillo, la **muestra A** deja el cabello:

Muy brillante	Brillante	Moderadamente brillante	Poco brillo	Opaco
5	4	3	2	1

J. De acuerdo al brillo, la **muestra B** deja el cabello:

Muy brillante	Brillante	Moderadamente brillante	Poco brillo	Opaco
5	4	3	2	1

K. En cuanto al tipo de residuo observado durante el estudio, usted considera que para la **muestra A** es:

Muy pesado (Hojuelas grandes visibles)	Pesado (Hojuelas visibles)	Residuo moderado (ligeramente visible)	Poco residuo (muy ligeramente visible)	Sin residuo
5	4	3	2	1

L. En cuanto al tipo de residuo observado durante el estudio, usted considera que para la **muestra B** es un residuo:

Muy pesado (Hojuelas grandes visibles)	Pesado (Hojuelas visibles)	Residuo moderado (ligeramente visible)	Poco residuo (muy ligeramente visible)	Sin residuo
5	4	3	2	1

M. De acuerdo al residuo generado, usted considera que para la **muestra A** éste presenta un sensorial:

Sedoso	Graso	Tipo polvo
5	4	3

N. De acuerdo al residuo generado, usted considera que para la **muestra B** éste presenta un sensorial:

Sedoso	Graso	Tipo polvo
5	4	3

Ñ. Después de aplicar el producto ¿la manejabilidad del cabello para la **muestra A** es?

Muy manejable	Manejable	Flexible	Rígido	Muy rígido
5	4	3	2	1

O. Después de aplicar el producto ¿la manejabilidad del cabello para la **muestra B** es?

Muy manejable	Manejable	Flexible	Rígido	Muy rígido

5	4	3	2	1
---	---	---	---	---

El producto en algún momento le causó:

Pérdida de cabello	Daño a fibras	Decoloración	Descamación	Otro

1. ¿Notó alguna diferencia entre la **muestra A** y la **muestra B**?

Sí _____ No _____ ¿Cuál? _____

2. De los productos utilizados ¿Cuál de las muestras prefiere?

Muestra A _____ **Muestra B** _____ Ambas _____ Ninguna _____

3. ¿Por qué prefiere la(s) muestra(s) _____?

4. En cuanto a la evaluación del producto ¿Cuál muestra presenta un mejor desempeño en...?

Parámetros	Muestra A	Muestra B	Ambas	Ninguna
Tiempo de secado				
Facilidad de cepillado				
Suavidad				
Reparación				
Brillo				
Cantidad de residuo				
Sensorial				
Manejabilidad del cabello				

¿Qué mejoraría de la muestra ganadora?

5. ¿Cuál de las muestras seguiría utilizando?

Muestra A	Muestra B	Ambas	Ninguna
4	3	2	1

¿Por qué? _____

Nombre: _____

EVALUACIÓN DESPUÉS DE 7 DÍAS (SIN USAR PRODUCTO)

a) ¿Qué lado del cabello presenta una mejor apariencia visual?

Lado derecho	Lado izquierdo	Ambos	Ninguno

b) De acuerdo a su percepción ¿qué lado usted considera que las puntas permanecieron selladas?

Lado derecho	Lado izquierdo	Ambos	Ninguno

c) ¿Qué lado usted considera que hay generación de nuevas puntas abiertas?

Lado derecho	Lado izquierdo	Ambos	Ninguno

d) ¿Qué producto(s) usted utilizó en su rutina de cuidado del cabello?

Shampoo	Acondicionador	Máscara o tratamiento capilar	Loción	Ampolleta	Tratamiento de reparación

e) ¿Qué producto(s) de fijación utilizó en su rutina de cuidado del cabello?

Gel	Mousse	Crema para peinar	Cera	Hairspray	Silica

f) Durante estos días ¿a cuál(es) de los siguientes daños usted sometió a su cabello?

Teñido	Permanente	Planchado 1-3 x semana	Planchado >3 x semana	Uso de secadora 1-3 x semana	Uso de secadora >3x semana	Ninguno

g) Aún sin el uso del producto ¿usted presentó algún efecto negativo?

Brillo	Suavidad	Peinabilidad	Manejabilidad del cabello	Ninguno