



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

FACULTAD DE QUÍMICA

**“DESARROLLO DE UNA FORMULACIÓN DE
SHAMPOO, ASÍ COMO LA PROPUESTA DE
EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO Y APLICACIÓN
DE MÉTODOS ESTADÍSTICOS PARA SU
ANÁLISIS”**

T E S I S

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE
QUÍMICA FARMACÉUTICA BIOLÓGICA**

**PRESENTA
ALEJANDRA GUADALUPE PÉREZ MENDOZA**

**DIRECTORA DE TESIS
M. EN I. LUZ ANTONIA BORJA CALDERÓN**



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: María Guadalupe Lemus Barajas

VOCAL: Profesora: Viridiana Gisela Llera Rojas

SECRETARIO: Profesora: Luz Antonia Borja Calderón

1er. SUPLENTE: Profesor: Carlos Juárez Osornio

2° SUPLENTE: Profesor: David Bravo Leal

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:

ASHLAND CHEMICAL DE MÉXICO

ASESOR DEL TEMA:

M. EN I. LUZ ANTONIA BORJA CALDERÓN

(Nombre y firma)

SUSTENTANTE:

ALEJANDRA GUADALUPE PÉREZ MENDOZA

(Nombre y firma)

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	11
INTRODUCCIÓN	12
I. MARCO TEÓRICO	15
1.1 Mercado en México de los productos de limpieza de cuidado personal (Shampoos)	15
1.2 Cabello (anatomía, fisiología, ciclo del cabello)	17
1.3 Shampoos	25
1.4 Formulación de un shampoo	26
1.4.1 Tensoactivos	26
1.4.1.1 Tensión Superficial	26
1.4.1.2 Ángulo de Contacto	28
1.4.1.3 Tipos de tensoactivos	29
1.4.1.4 Sistemas dispersos	31
1.4.1.5 Detergencia	31
1.4.1.6 Espuma	32
1.4.2 Importancia del pH en la formulación de un shampoo	34
1.4.3 Agentes acondicionadores	35
1.4.4 Modificadores reológicos	36
1.4.4.1 Reología	36
1.4.4.2 Tipos de Fluidos	37
1.5 Evaluaciones para un producto cosmético	38
1.5.1 Estabilidad de un producto cosmético	38
1.5.1.1 Tipos de prueba de estabilidad	38
1.5.2 Metodologías de evaluación de desempeño	39
1.5.2.1 Evaluación Sensorial	40
1.5.2.2 Evaluación Instrumental	41
1.5.3 Pruebas de irritación para un producto cosmético	41
1.5.4 Legislación aplicable a un producto cosmético	42
1.6 Desarrollo de un cosmético	44
1.6.1 Brief	44
1.6.2 Ingredientes utilizados en la formulación	44
1.6.2.1 Lauril Éter Sulfato de Sodio	44

1.6.2.2	Cocoamidopropilbetaína	45
1.6.2.3	Lauril Éter Sulfato de Amonio	45
1.6.2.4	Cloruro de Guar Hidroxipropiltrimonio (N Hance 3196)	45
1.6.2.5	Policuaturnio 28 (Gafquat HS-100)	46
1.6.2.6	Policuaturnio 28 y dimeticona (Gafquat HSI)	47
1.6.2.7	Cloruro de poliacrilamidopropiltrimonio (N-Durhance A- 1000)	48
1.6.2.8	Glicerina/Cloruro de Hidroxietil cetearamidopropildimonio: Policuaturnio 55/ Cyclopentasiloxane Ceteareth-20 (Lumini System)	49
1.6.2.9	Copolímero de acrilato, ACP (Surfathix N)	50
II.	PARTE EXPERIMENTAL	51
2.1	Objetivos	51
2.2	Hipótesis	52
2.3	Especificación del producto	53
2.4	Materiales	53
2.4.1	Material de laboratorio	53
2.4.2	Equipo de laboratorio	53
2.4.3	Reactivos	54
2.5	Procedimiento experimental	55
2.5.1	Formulación Shampoo	55
2.5.2	Ajuste y medición de la viscosidad, y medición de pH	55
2.5.3	Evaluación de estabilidad de la formulación	56
2.5.4	Evaluación de espuma	56
2.5.5	Preparación del panel de evaluación sensorial	56
2.5.5.1	Evaluación subjetiva en mechas	58
2.5.5.2	Evaluación en Salon Test	58
III.	RESULTADOS OBTENIDOS EXPERIMENTALMENTE	59
3.1	Parámetros fisicoquímicos (viscosidad, pH)	61
3.2	Estabilidad	62
3.3	Resultados obtenidos de la evaluación del desempeño de las formulaciones ganadoras	63
IV.	CONCLUSIONES	75
V.	REFERENCIAS	76
VI.	ANEXOS	78

ÍNDICE DE FIGURAS

MARCO TEÓRICO

- Figura 1. Estructura de la piel humana que ilustra una fibra de cabello
- Figura 2. Estructura de la queratina, indicando algunos tipos de aminoácidos que participan en enlaces inter e intramoleculares
- Figura 3. Estructura de una fibra de cabello
- Figura 4. Esquema de la estructura sublamelar de la cutícula
- Figura 5. Esquema de la superficie externa del cabello
- Figura 6. Especies químicas presentes en el cabello
- Figura 7. Morfología del cabello
- Figura 8. Fase anágena del ciclo del cabello
- Figura 9. Fase catágena del ciclo del cabello
- Figura 10. Fase telógena y fase latente del ciclo del cabello
- Figura 11. Funcionamiento de los tensoactivos presentes en un shampoo
- Figura 12. Fuerzas atractivas que actúan en las moléculas del seno y al interior de un líquido
- Figura 13. Comportamiento de los tensoactivos en diferentes solventes al saturarse la superficie
- Figura 14. Representación gráfica del ángulo de contacto
- Figura 15. Esquema representando los ángulos de contacto de una superficie hidrofóbica e hidrofílica y sus propiedades
- Figura 16. Estructura básica de un tensoactivo
- Figura 17. Fases del fenómeno de detergencia
- Figura 18. Esquema de la estructura de una espuma
- Figura 19. Representación esquemática de los Bordes de Plateau
- Figura 20. Variación de la espumabilidad con la concentración de tensoactivo en fase líquida
- Figura 21. Efectos del pH sobre la cutícula del cabello
- Figura 22. Tipos de fluidos
- Figura 23. Fluidos newtonianos y no newtonianos: (a) Esfuerzo cortante y (b) viscosidad aparente vs. Velocidad de deformación
- Figura 24. Evaluación para el desarrollo de un producto para el cuidado del cabello

- Figura 25. Factores a considerar para el desarrollo de un producto
- Figura 26. *Cyamopsis tetragonoloba*
- Figura 27. Estructura química idealizada de la goma guar
- Figura 28. Estructura química del policuaternio 28
- Figura 29. Comparación de una mecha control sin agentes acondicionadores vs una mecha que contiene una solución acuosa al 0.5% de policuaternio 28
- Figura 30. Estructura química del policuaternio 28 y dimeticona
- Figura 31. Estructura química del Cloruro de poliacrilamidopropilbetaína
- Figura 32. Mecanismo In situ controlled Flocculation (ISCF™)
- Figura 33. Estructura química del sistema Lumini System
- Figura 34. Efecto del pH sobre los polímeros de acrilato

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

- Figura 1. Diagrama de las formulaciones obtenidas experimentalmente
- Figura 2. Procedimientos realizados para la formulación del shampoo

ÍNDICE DE TABLAS

MARCO TEÓRICO

- Tabla 1. Destino/Origen de las exportaciones e importaciones de productos de cuidado personal y del hogar: México 2013
- Tabla.2. Porcentaje por categorías respecto al total del cuidado personal con datos de Euromonitor Internacional
- Tabla 3. Millones de pesos aportados por las subcategorías del cuidado del cabello
- Tabla 4. Diferentes ángulos de contacto y sus correspondientes interacciones S/L y L/L
- Tabla 5. Ejemplos de sistemas dispersos

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

- Tabla 1. Parámetros fisicoquímicos de las formulaciones finalistas
- Tabla 2. Resultados prueba T-student. Benchmark vs Fórmula 1B, evaluación en mechaz estandarizadas
- Tabla 3. Resultados prueba T-student. Benchmark vs Fórmula 1B, evaluación en Salon Test
- Tabla 4. Resultados prueba T-student. Benchmark vs Fórmula 2C, evaluación subjetiva en mechaz
- Tabla 5. Resultados prueba T-student. Benchmark vs Fórmula 2C, evaluación en Salon Test.
- Tabla 6. Resultados prueba T-student. Benchmark vs Fórmula 3D, evaluación subjetiva en mechaz
- Tabla 7. Resultados prueba T-student. Benchmark vs Fórmula C1, evaluación subjetiva en mechaz.
- Tabla 8. Resultados prueba T-student. Benchmark vs Fórmula C1, evaluación en Salon Test.
- Tabla 9. Resultados prueba T-student. Benchmark vs Fórmula F-3'z, evaluación subjetiva en mechaz
- Tabla 10. Resultados prueba T-student. Benchmark vs Fórmula F-3'z, evaluacion en Salon Test

ÍNDICE DE GRÁFICAS

INTRODUCCIÓN

- Gráfica 1. Empleos generados durante el 2013 por el sector cosmético y del cuidado del hogar, miles de personas
- Gráfica 2. Importaciones, exportaciones y Superávit para el sector del cuidado personal

MARCO TEÓRICO

- Gráfica 1. Representación gráfica para la determinación de la CMC

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

- Gráfica 1. Resultados obtenidos de viscosidad durante la evaluación de la estabilidad, evaluado durante 3 meses a temperatura ambiente
- Gráfica 2. Resultados obtenidos de pH durante la evaluación de la estabilidad, evaluado durante 3 meses
- Gráfica 3. Resultados de la evaluación subjetivas en mechas, formulacion 1B
- Gráfica 4. Resultados de la evaluación en Salon Test, formulacion 1B
- Gráfica 5. Resultados de la evaluación subjetivas en mechas, formulacion 2C
- Gráfica 6. Resultados de la evaluación en Salon Test, formulación 2C
- Gráfica 7. Resultados de la evaluación subjetiva en mechas, formulación 3D
- Gráfica 8. Resultados obtenidos de la cantidad de espuma producida por las formulaciones 1B, 2C y 3D vs el Benchmark
- Gráfica 9. Resultados de la evaluación subjetiva en mechas, formulación C1
- Gráfica 10. Resultados de la evaluación subjetiva en Salon test, formulación C1 vs Benchmark
- Gráfica 11. Resultados de la evaluación subjetiva en mechas, formulación 3'z.
- Gráfica 12. Resultados de la evaluación subjetiva en Salon test, formulación F-3'z vs Benchmark
- Gráfica 13. Viscosidades obtenidas durante la elaboración de la formulación F-3'z por triplicado

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A. Resultados de las estabilidades obtenidas de todas las formulaciones obtenidas
- ANEXO B. Graficas de las formulaciones 1-5 y 1A-5A, primeras formulaciones obtenidas
- ANEXO C. Graficas de las formulaciones A-F, variaciones en los porcentajes de policuaturnio 28
- ANEXO D. Resultados obtenidos de las T-Student de los parámetros obtenidos para las formulaciones.
- ANEXO E. Formulaciones

Abreviaturas

CANIPEC	Cámara Nacional de la Industria de Productos Cosméticos
PIB	Producto Interno Bruto
EDTA	Ácido etilendiaminotetraacético
Gafquat HSI™	Policuaturnio 28 y Dimeticona
Gafquat HS-100™	Policuaturnio 28
N-Durhance A-1000™	Cloruro de poliacrilamidopropiltrimonio
N-Hance 3196™	Cloruro de Guar Hidroxipropiltrimonio
LESS	Lauril éter sulfato de sodio
LESA	Lauril éter sulfato de amonio
Liquid Germall Plus™	Propilenglicol, diazolinidyl urea y Iodopropinil butilcarbamato
Surfathix N™	Copolímero de acrilato, ACP
NOM	Norma Oficial Mexicana
HLB	Balance hidrofílico-Lipofílico
CMC	Concentración micelar crítica
Lumini System™	Glicerina/Cloruro Hidroxietilcetearamidopropildimonio; Behenyl Alcohol; Alcohol cetearílico/ Policuaturnio 55/ Ciclopentasiloxano; Dimeticonol/ Cetearth-20
cP	Centipoise
rpm	Revoluciones por minuto

RESUMEN

El proyecto presentado en esta tesis tiene como objetivo desarrollar la formulación de un shampoo para el cuidado del cabello con un desempeño comparable con un producto competitivo en el mercado mexicano. Para el desarrollo de la formulación se evaluaron varios agentes acondicionadores en diferentes proporciones. El desarrollo de un producto cosmético en este caso de un shampoo tiene relación con las necesidades del consumidor. Dentro de los aspectos más importantes a considerar para que un shampoo sea exitoso es que éste produzca buena cantidad de espuma, así como buenas características de desempeño como pueden ser: el desenredamiento, peinabilidad, suavidad y brillo tanto en húmedo como en seco. Para lograrlo se evaluaron diferentes tensoactivos, agentes acondicionadores y modificadores reológicos para mantener la estabilidad del producto.

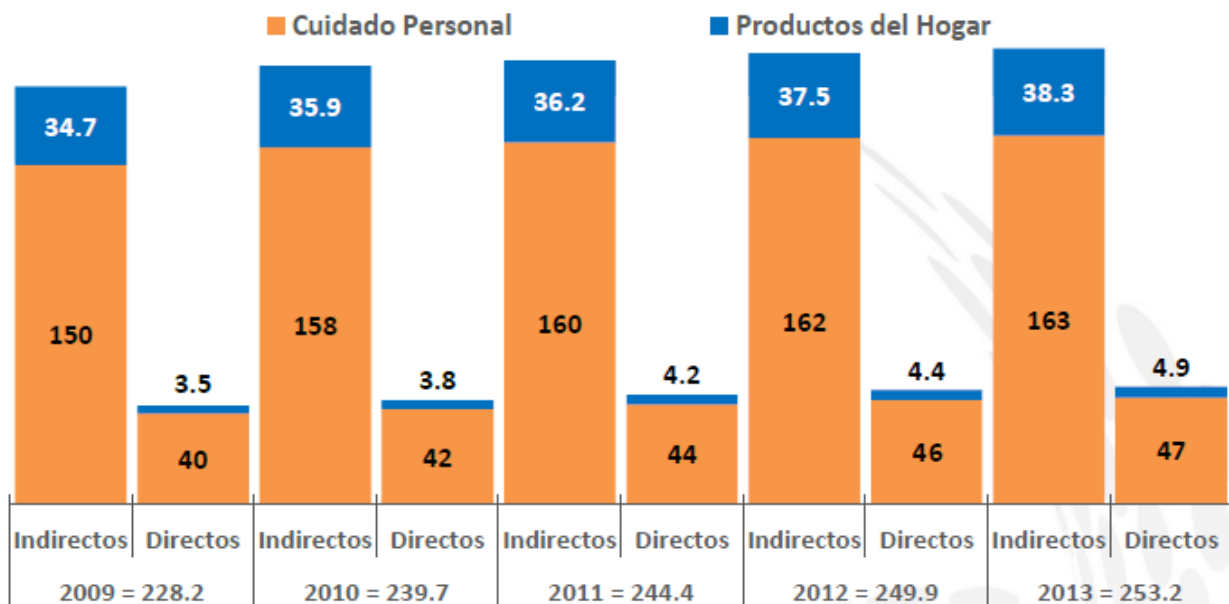
Para asegurar el éxito del producto es muy importante conocer el desempeño del mismo. La evaluación sensorial nos permite conocer dicho desempeño y también es de gran ayuda para seleccionar el impacto sensorial de los ingredientes evaluados. Durante el desarrollo experimental se implementaron técnicas de evaluación sensorial, las cuales incluían el entrenamiento de los jueces y posteriormente la evaluación de las formulaciones para conocer su desempeño, estas evaluaciones se realizaron en mechadas estandarizadas, con estos resultados se obtuvo una primera idea de cómo sería el desempeño del producto y posteriormente se procedió a realizar pruebas en panelistas (Salon Test) comparando el producto obtenido con un Benchmark, a estos resultados se les aplicaron pruebas estadísticas para conocer si existe o no diferencia significativa entre ambos productos y poder determinar si la formulación del prototipo en cuestión presenta un mejor desempeño que el producto Benchmark con el cual se está comparando.

INTRODUCCIÓN

El proyecto presentado en esta tesis tiene como objetivo desarrollar la formulación de un shampoo que sea competitivo en el mercado mexicano. Los shampoos junto con los jabones son productos que se utilizan todo el tiempo y son parte de la rutina diaria de las personas de ahí la importancia de saber cómo formular un shampoo y cuál es su funcionamiento.

Los mercados de cuidado personal y cuidado del hogar son de gran importancia para la economía mexicana ya sea de manera directa e indirecta ya que son una fuente de trabajo muy importante. En 2013 se reportaron ventas por 15.4 millones de dólares, esta cifra representa el 1.23% del producto interno bruto nacional y el 7.1% del PIB de la Industria Manufacturera el país (**Gráfica 1**).

Según estudios de la CANIPEC el sector cosmético genero más de 51.9 mil empleos de forma directa y alrededor de 201,000 de forma indirecta durante el 2013 (CANIPEC, 2013).



Gráfica 1. Empleos generados durante el 2013 por el sector cosmético y del cuidado del hogar, miles de personas.

Para el año 2015 el mercado de productos de Cuidado Personal generó un superávit de 2,561 MDD (**Gráfica 2**), este sector sigue siendo un importante exportador aun cuando la situación económica del país ha tenido fluctuaciones a considerar en su balanza comercial (CANIPEC, 2015).

*Exportaciones promedio de 2010 a 2015: 2,356 mdd
 *Importaciones promedio de 2010 a 2015: 1,238 mdd

Enero-Noviembre de cada año Millones de dólares



Gráfica 2. Importaciones, exportaciones y Superávit para el sector del cuidado personal.

Los shampoos son considerados una categoría importante por lo cual se reconoce que la innovación continua siendo uno de los principales factores de crecimiento en este sector. Los nuevos productos con características de valor añadido son los que serán capaces de alentar a los consumidores a gastar más. Sin embargo, una condición para que esta tendencia se desarrolle es el buen desempeño de la economía en México, de lo contrario los consumidores mostrarán sensibilidad a los precios y seguirán prefiriendo los shampoos más asequibles y básicos.

No cabe duda de que los shampoos para el cabello son productos necesarios en nuestra lista de compras, pues ocupan un lugar especial en nuestros hábitos de limpieza cotidianos. El propósito fundamental de los shampoos es limpiar el cabello mediante una acción que elimine la grasa, el polvo o las partículas contaminantes acumuladas durante el día. El desempeño y los resultados obtenidos con base en el uso de estos productos dependen de las peculiaridades que cada consumidor posea en cuanto a su fisiología, estilo de vida, tipo de cabello, clima donde vive, hábitos de higiene, entre otros, por ello la amplia gama de marcas, presentaciones y precios con que estos productos se comercializan en el mercado.

Es de gran importancia conocer las características que puede ofrecer un shampoo y los componentes de la formulación que lo hacen posible, conocer el desempeño de cada uno de los agentes acondicionadores adicionados en la formulación y en dado caso conocer cuál es el impacto de utilizar algún ingrediente dentro del costo de la formulación.

Para poder ir seleccionando los ingredientes y los porcentajes que se utilizaran se debe tomar en cuenta que la formulación se trata de un sistema disperso, de acuerdo a su definición este es una mezcla de varias sustancias y por tanto es importante conocer cuál es el impacto de cada uno de los componentes en el mismo ya que cada uno de ellos por individual no presentara el mismo desempeño que presenta el sistema completo.

Para la evaluación del desempeño de un producto existen tanto técnicas instrumentales como técnicas de evaluación sensorial. Dentro de las técnicas de evaluación instrumental existen equipos que nos ayudan a medir parámetros como peinabilidad y brillo de manera cuantitativa.

Tomando en cuenta que los seres humanos usamos nuestros sentidos para poder definir si un producto es de nuestro agrado o no, nos enfocaremos en la evaluación sensorial para conocer el desempeño de las formulaciones obtenidas a lo largo de este proyecto. El éxito del producto depende de la recompra del mismo como del resultado del desempeño, la fragancia, aplicación, entre otros.

Como se menciona anteriormente esta tesis se enfoca en el desarrollo de la formulación un shampoo y cómo ir midiendo el desempeño de la misma con ayuda de la evaluación sensorial, por ello es importante saber que la evaluación sensorial es una disciplina científica que se utiliza para evocar, medir, analizar e interpretar reacciones a ciertos alimentos o sustancias, utilizando como instrumentos de medición la percepción de los sentidos de jueces entrenados (Hernández, 2007).

I. MARCO TEÓRICO

1.1 Mercado en México de los productos de limpieza para cuidado personal (Shampoos)

En México la industria cosmética es de suma importancia debido a que la apariencia resulta ser la carta de presentación de las personas en la sociedad, es por ello que la compra de cosméticos tiene un peso importante en la economía mexicana. Cada vez es mayor el consumo de estos productos ya que tanto hombres como mujeres se ven influenciados por las necesidades de cumplir con un estándar de belleza en el mundo y consideran la higiene como un lujo necesario.

Durante el 2013 México exportó 3,836 millones de dólares en productos para el cuidado personal y cuidado del hogar. Las exportaciones de los productos del cuidado personal representan el 76.9% y la de los productos del cuidado del hogar el 23.1% de los 3,836 MDD que exportó México al mundo. (Memoria estadística CANIPEC, 2013).

Por lo que podemos observar México es una plataforma exportadora que año con año gana terreno en materia de comercio exterior a nivel mundial.

Tabla 1. Destino/Origen de las exportaciones e importaciones de productos de cuidado personal y del hogar: México 2013.

EXPORTACIONES/ SECTOR 2013	AMÉRICA							TOTAL
	LATINA Y EL CARIBE	NORTE AMÉRICA	EUROPA	AFRICA	ASIA	OCEANIA	DEPENDENCIAS (Islas, etc.)	
PRODUCTOS DEL HOGAR	33.4%	61.8%	0.5%	0.1%	2.4%	0.3%	1.5%	100.0%
PRODUCTOS DEL CUIDADO PERSONAL	49.3%	47.0%	2.1%	0.0%	0.85%	0.4%	0.3%	100.0%
AMBOS*	45.7%	50.4%	1.7%	0.1%	1.2%	0.4%	0.5%	100.0%

En la tabla 1 encontramos que América Latina es el continente que presenta mayores porcentajes de exportaciones en productos de cuidado personal, es por ello que la fabricación y distribución de estos productos es muy importante.

Según la clasificación que reporta la memoria estadística que edita la CANIPEC, la industria cosmética se divide en 8 grandes sectores que son:

1. Productos capilares (shampoo, enjuagues/acondicionadores, spray, mouse, fijadores, geles, brillantinas y cremas para peinar, tratamientos capilares, tintes).

2. Desodorantes
3. Maquillaje y color
4. Perfumes y fragancias
5. Cuidado de la piel
6. Productos para bebé
7. Depiladores y otros productos
8. Higiene bucal y otros productos (en este último encontramos jabones para tocador, gel, espumas para rasuras, talco, protectores solares).

De acuerdo a la tabla 2 podemos encontrar el porcentaje en la demanda de productos de cuidado personal de acuerdo a la categoría en la que se dividen, claramente se puede notar que los productos para el cuidado del cabello son los productos de mayores ventas ya que para el año 2013 representaron el 22.7% del total de millones de pesos obtenidos en dicho sector.

Tabla.2. Porcentaje por categorías respecto al total del cuidado personal con datos de Euromonitor Internacional.

Productos del cuidado personal: Porcentaje por categorías respecto al total del cuidado personal (millones de pesos corrientes)												
CATEGORÍAS	2009	%	2010	%	2011	%	2012	%	2013	%	2014*	%
I.- Cuidado del cabello	23,354	21.9%	26,010	22.8%	28,080	23.0%	30,323	23.0%	31,452	22.7%	32,832	22.4%
II.- Cuidado de la piel	20,657	19.3%	21,655	19.0%	23,175	19.0%	24,862	18.8%	25,467	18.4%	26,871	18.3%
III.- Fragancias	14,131	13.2%	15,062	13.2%	15,527	12.7%	16,547	12.5%	17,101	12.3%	17,983	12.2%
IV.- Cosméticos de color	12,345	11.6%	13,131	11.5%	13,886	11.4%	14,684	11.1%	15,266	11.0%	16,066	10.9%
V.- Cuidado oral	10,662	10.0%	11,255	9.9%	12,084	9.9%	13,493	10.2%	14,998	10.8%	16,259	11.1%
VI.- Baño y ducha	7,329	6.9%	7,315	6.4%	8,266	6.8%	8,863	6.7%	9,433	6.8%	10,092	6.9%
VII.- Desodorantes	6,279	5.9%	6,926	6.1%	7,424	6.1%	8,050	6.1%	8,617	6.2%	9,297	6.3%
VIII.- Cuidado del bebé	4,863	4.6%	5,201	4.6%	5,623	4.6%	6,078	4.6%	6,331	4.6%	6,753	4.6%
IX.- Productos para el aseo de los hombre	3,556	3.3%	3,689	3.2%	3,975	3.3%	4,582	3.5%	4,988	3.6%	5,420	3.7%
X.- Sets/Kits	2,046	1.9%	2,184	1.9%	2,249	1.8%	2,375	1.8%	2,489	1.8%	2,630	1.8%
XI.- Cuidado para el sol	940	0.9%	1,014	0.9%	1,162	1.0%	1,309	1.0%	1,422	1.0%	1,582	1.1%
XII.- Depilatorios	610	0.6%	675	0.6%	774	0.6%	862	0.7%	938	0.7%	1,033	0.7%
PRODUCTOS DEL CUIDADO PERSONAL	\$106,773		\$114,117		\$122,225		\$132,026		\$138,502		\$146,817	

Fuente: Elaborada por CANIPEC con datos de Euromonitor Internacional. *Estimación.

Las ventas de shampoo en este mismo año representaron el 38.2% de las ventas de los productos para el cuidado del cabello (**Tabla 3**), siendo este el producto más vendido en esta categoría, tomemos en cuenta que los mexicanos en promedio utilizan shampoo todos los días, por tanto, estos productos son considerados una necesidad básica.

Tabla 3. Millones de pesos aportados por las subcategorías del cuidado del cabello.

MÉXICO: I.- CUIDADO PARA EL CABELLO: Subcategorías y participación (millones de pesos corrientes)												
SUBCATEGORÍAS	2009	%	2010	%	2011	%	2012	%	2013	%	2014*	%
Shampoos	9,187	39.3%	10,397	40.0%	10,994	39.2%	11,634	38.4%	12,010	38.2%	12,483	38.0%
Colorantes	5,853	25.1%	6,718	25.8%	7,494	26.7%	8,328	27.5%	8,638	27.5%	9,109	27.7%
Agentes de estilo	3,347	14.3%	3,579	13.8%	3,972	14.1%	4,335	14.3%	4,546	14.5%	4,833	14.7%
Acondicionadores	2,481	10.6%	2,590	10.0%	2,774	9.9%	3,064	10.1%	3,338	10.6%	3,607	11.0%
Shampoo 2 en 1	2,318	9.9%	2,551	9.8%	2,668	9.5%	2,745	9.1%	2,640	8.4%	2,505	7.6%
Tratamientos para la pérdida del cabello	50	0.2%	51	0.2%	51	0.2%	83	0.3%	145	0.5%	159	0.5%
Permanentes y relajantes	100	0.4%	105	0.4%	107	0.4%	110	0.4%	108	0.3%	108	0.3%
Salon Hair Care	18	0.1%	19	0.1%	22	0.1%	24	0.1%	26	0.1%	28	0.1%
Total	23,354		26,010		28,080		30,323		31,452		32,832	

Fuente: Elaborada por CANIPEC con datos de Euromonitor Internacional. *Estimación.

1.2 Cabello (anatomía, fisiología, crecimiento del cabello)

En los seres humanos, el cabello tiene dos principales funciones: Protege al cuero cabelludo del sol y del frío, también funciona de manera estética.

El 90% del cabello está formado por queratina la cual es una proteína producida por los queratinocitos que son las células predominantes de la epidermis. La queratina es una proteína con estructura fibrosa, muy rica en azufre.

Cada uno de los folículos capilares procede de una interacción entre la epidermis y la dermis. Una lámina de epidermis, situada sobre una agregación de células dérmicas, se invagina en el interior para formar una bolsa que eventualmente engloba una pequeña papila de dermis para formar un bulbo de cabello. Las células epidérmicas que envuelven la papila dérmica proliferan expulsando una columna de células queratinizadas, que es el tallo de pelo rodeado por la vaina interna de la raíz. (Robbins, 2012).

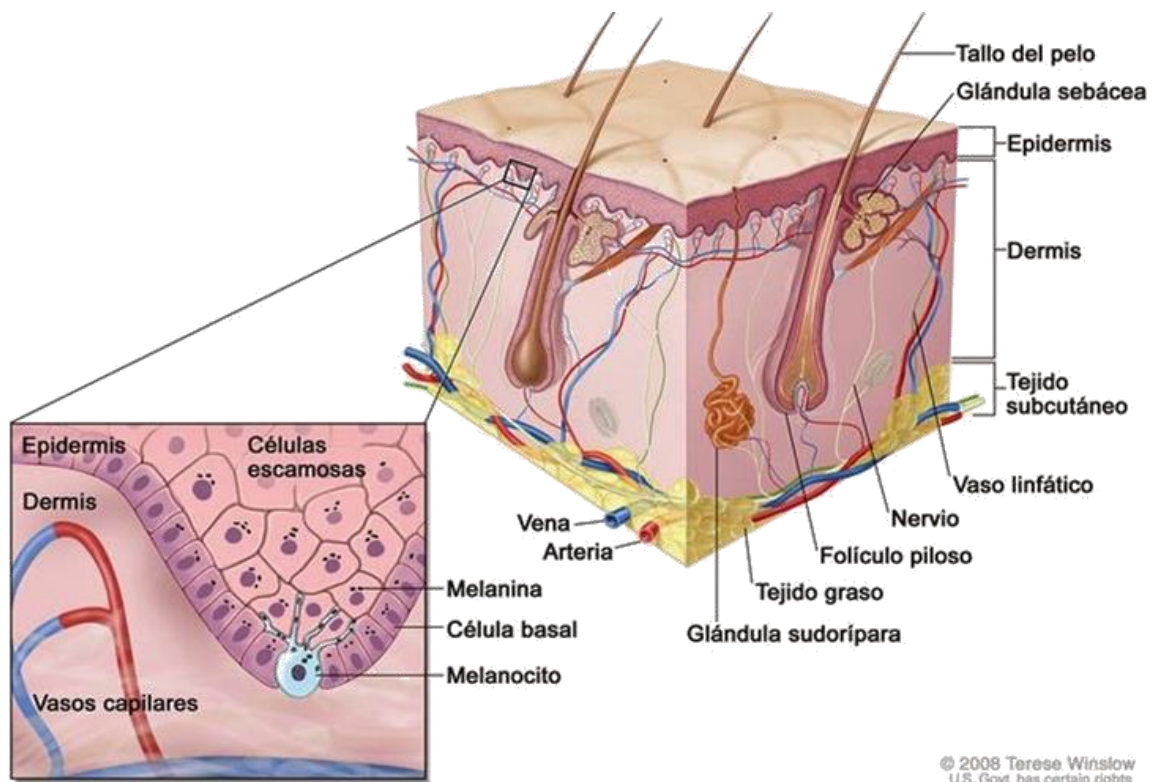


Figura 1. Estructura de la piel humana que ilustra una fibra de cabello (Winslow, 2008)

El cabello es un anexo de la piel que se origina en el folículo piloso, cavidad interna de la epidermis. Consta de dos partes bien diferenciadas:

- La raíz o parte interna es la zona viva del pelo que se origina en el folículo piloso donde se realizan las funciones vitales.
- El tallo o parte externa está conformada por células que desde la base del folículo piloso van ascendiendo y madurando mediante un procedimiento denominado queratinización. A medida que estas células maduran, se llenan con una proteína fibrosa, dura, resistente y muy rica en azufre que se encuentra en el pelo, la piel y las uñas llamada queratina.

La queratina es una proteína rica en azufre que se encuentra en las capas más externas de la epidermis, así como en el cabello humano y en las uñas.

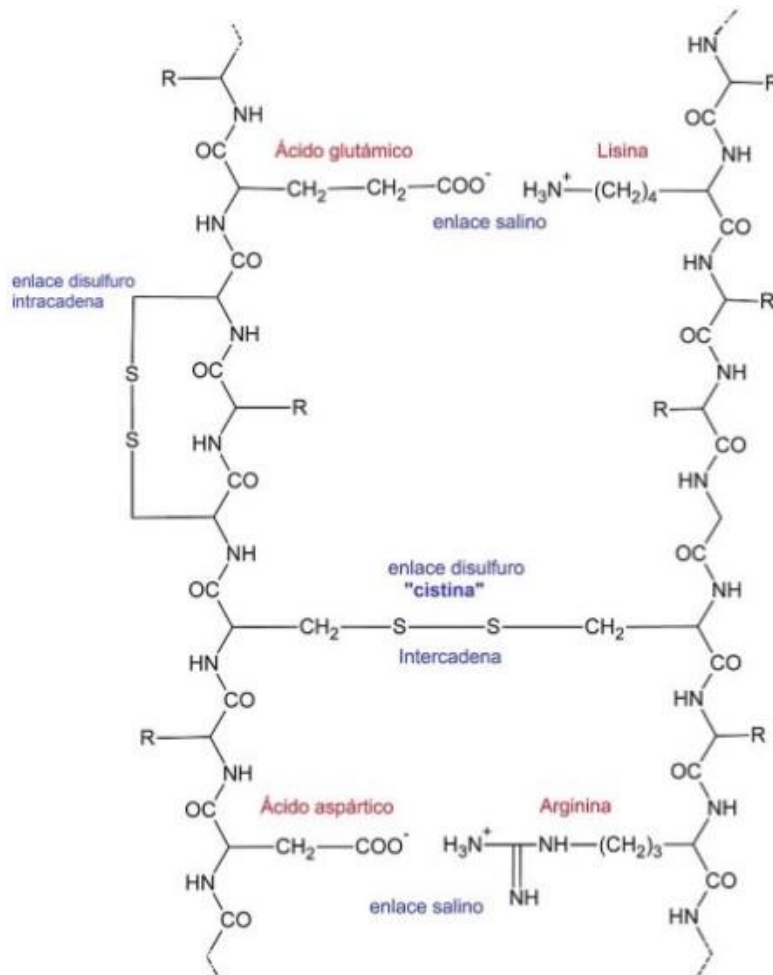


Figura 2. Estructura de la queratina, indicando algunos tipos de aminoácidos que participan en enlaces intra e intermoleculares.

Las cargas eléctricas en el cabello son debidas a los puentes iónicos formados por la interacción entre los grupos NH_2 y COOH libres. Los primeros se cargan positivamente y los segundos negativamente. La fuerza de estas uniones es máxima en el punto isoelectrico de las proteínas, que es aquel valor pH en el que las cargas positivas y negativas están compensadas.

Para la queratina del cabello el punto isoelectrico es a pH 4.1. A este valor de pH la molécula es muy estable pues los enlaces son más fuertes.

- A pH mayor de 4.1 la queratina tiene carga negativa.
- A pH menor de 4.1 la queratina tiene carga positiva.

Es tallo está constituido por tres partes: **La cutícula, el córtex y la médula.**

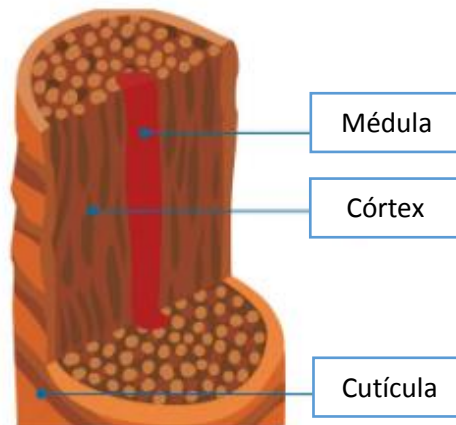


Figura 3. Estructura de una fibra de cabello

- ✓ **Cutícula:** Es la capa más externa formada por células aplanadas y sin pigmento, que se superponen una sobre otras; este tipo de disposición atribuye a la cutícula una función de defensa del cabello contra los fenómenos externos de desgaste mecánico, físico o químico. Las células son capaces de deslizarse unas sobre otras, permitiendo el estiramiento, la torsión y el paso de sustancias.

La cutícula se encuentra conformada por varias capas:

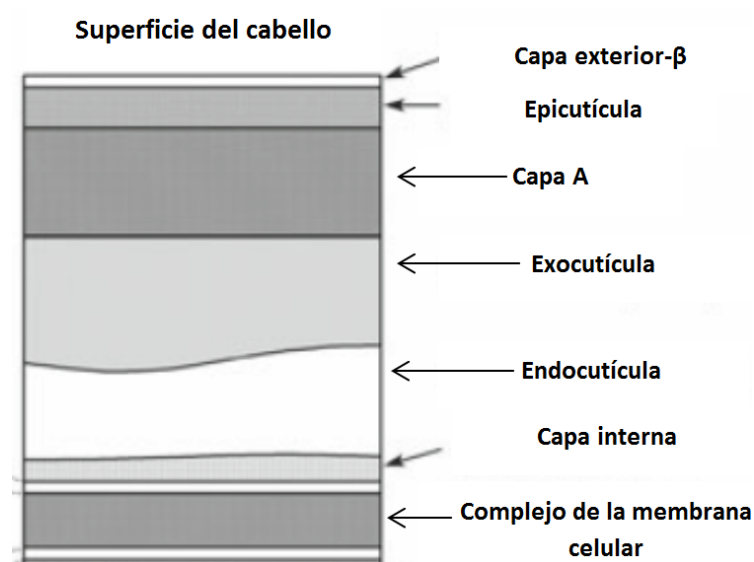


Figura 4. Esquema de la estructura sublamelar de la cutícula (Robbins, 1994)

La cutícula en el cabello humano está compuesta generalmente entre 5-10 escamas gruesas, cada escama de la cutícula se compone de varias capas sublamelares (la epicutícula, la capa A, el exocutícula, la endocutícula y la capa interna) y el complejo de membrana celular. La capa de la epicutícula externa está cubierta con una capa delgada de lípidos unido covalentemente, predominantemente ácido 18-metil eicosanoico (18-MEA). Esta capa constituye la capa β externa del complejo de membrana celular cuticular, que actúa como un lubricante límite y proporciona una superficie hidrofóbica (Bhushan, 2010).

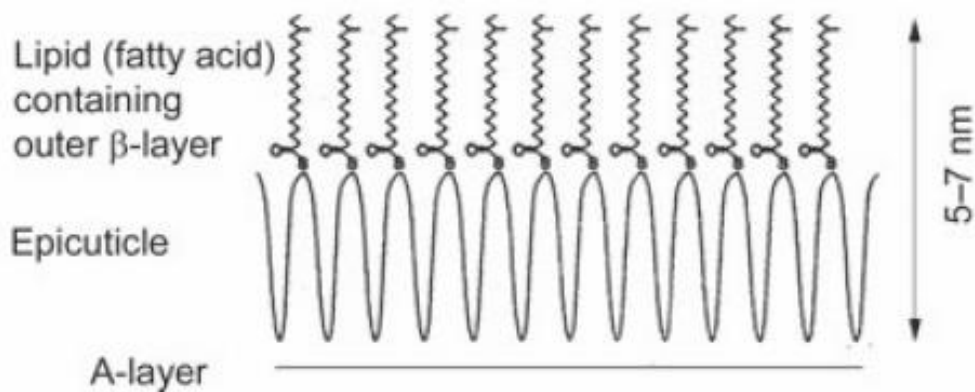


Figura 5. Esquema de la superficie externa del cabello (Bhushan, 2010)

Las principales especies químicas que se encuentran presentes en el cabello humano se observan en la siguiente figura:

Queratina	65-95%
Aminoácidos	$\begin{array}{c} \oplus \text{NH}_3 - \text{CH} - \text{R} \\ \\ \ominus \text{CO}_2 \end{array} \quad (\text{R: grupo funcional})$
Cistina	$\begin{array}{c} \oplus \text{NH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{S} - \text{S} - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{NH}_3 \oplus \\ \qquad \qquad \qquad \\ \ominus \text{CO}_2 \qquad \qquad \qquad \ominus \text{CO}_2 \end{array}$
Lípidos	Estructural y libre
Ácido 18-Metil ecosanoico (18-MEA)	$\text{H}_3\text{C} - \text{CH}(\text{CH}_3) - (\text{CH}_2)_{16} - \text{COOH}$
Agua	Hasta 30%
Pigmento y oligoelementos	Melanina

Figura 6. Especies químicas presentes en el cabello (Bhushan, 2010)

- ✓ **Córtex o corteza:** Es la parte intermedia y la que constituye la mayor parte del tallo. Rodea la médula y está envuelto por la cutícula. Está compuesto por células con un alto contenido de queratina. Intercaladas entre estas fibras de queratina se encuentran los pigmentos mecánicos que proporcionan el color al pelo, por lo que la elasticidad del cabello y su color natural son el resultado de las estructuras de proteínas ubicadas dentro de la corteza. Por medio de esta capa atraviesa el agua que mantiene hidratado el cabello.
- ✓ **Médula:** Es la capa interna del cabello, está formada por células con bajo contenido de queratina por lo que, en ocasiones, presenta discontinuidades. Es el núcleo del cabello, está compuesta por células redondas que contiene queratina.

Existen aproximadamente 120 000 folículos en el cuero cabelludo humano. Cada uno de ellos experimenta un ciclo de actividad, este proceso implica el cese de la mitosis en la matriz y la queratinización de la base del pelo para formar un bastón, que es retenido hasta que el folículo se activa de nuevo, cuando el cabello cae (Wilkinson, 1990)

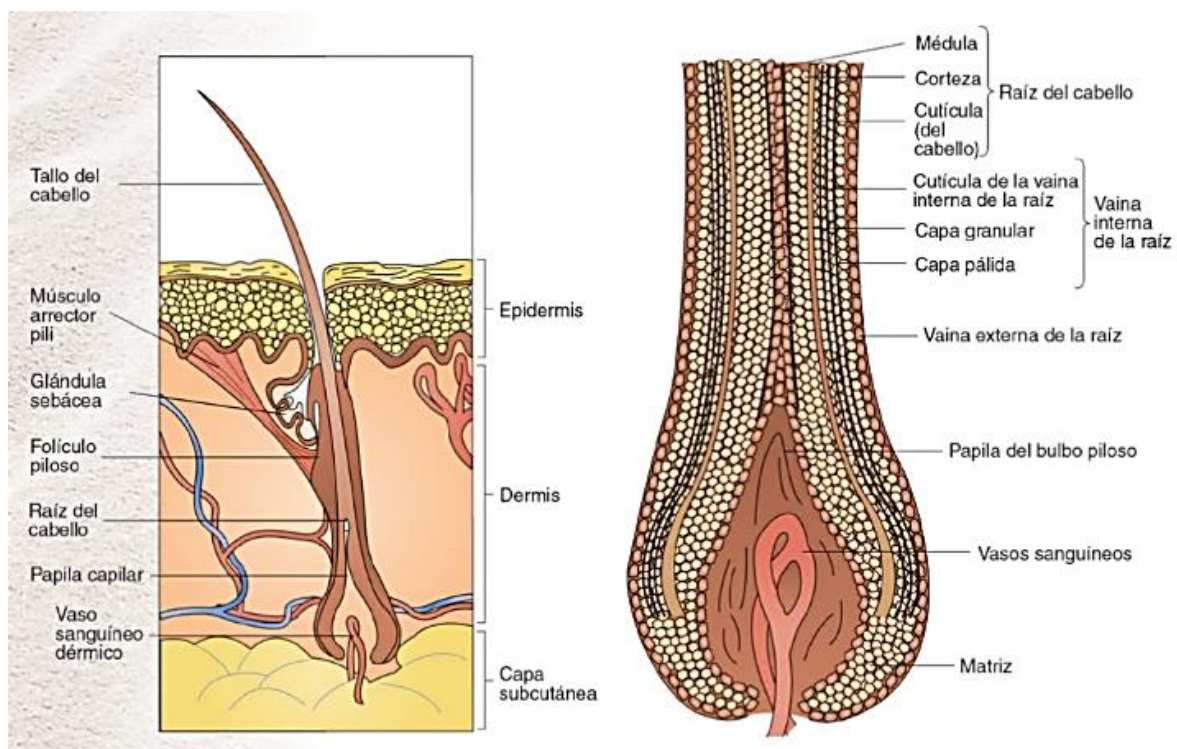


Figura 7. Morfología del cabello (Gerson, 2013)

El crecimiento del cabello se da en tres etapas, cada una de estas consiste en lo siguiente:

- Anágena: Es la fase más activa, en la que tiene lugar la formación del cabello nuevo. Alrededor del 85% de los cabellos se encuentran en esta fase. Durante esta etapa se fabrican nuevas células queratinizadas en el folículo piloso. Las células madre que se encuentran en la unión del musculo erector del pelo y el folículo crecen hacia abajo y estimulan la mitosis celular en la matriz. Las células nuevas forman vainas de la raíz y cabello, mientras que la parte más vieja del cabello es empujada hacia arriba. Una vez que el cabello alcanza su longitud total puede permanecer allí durante semanas o años. La duración de la fase anágena determina la longitud del cabello. Tiene una duración comprendida entre dos y seis años.

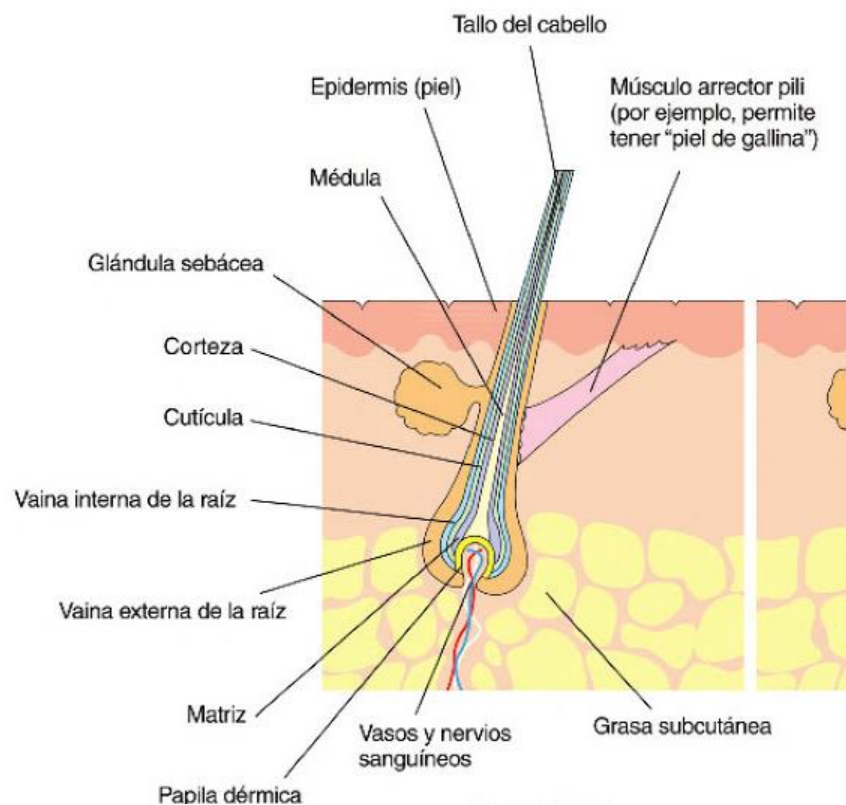


Figura 8. Fase Anágena del ciclo del cabello (Gerson, 2013)

- Catágena: Dura entre dos y tres semanas y es una fase de regresión. En esta etapa la mitosis se suspende, el cabello crece hacia arriba y se desprende de la papila dérmica. El folículo se degenera y colapsa mientras el tejido epidérmico se retrae hacia arriba. El cabello pierde la vaina interna de la raíz y se seca. Esta es la etapa más corta del ciclo del crecimiento del cabello.

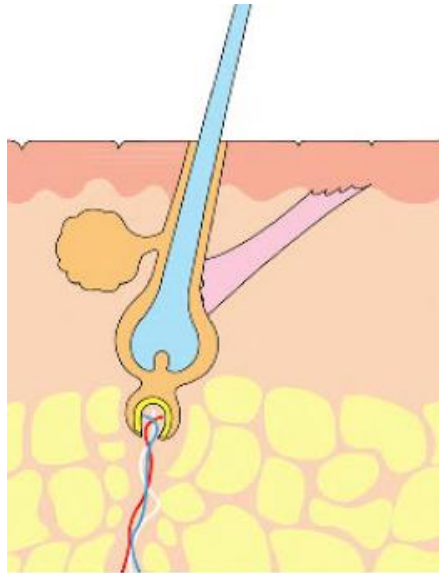


Figura 9. Fase catágena del ciclo del cabello (Gerson, 2013)

- Telógena: En los tres o cuatro meses que dura esta fase, se produce la caída del cabello. Es la etapa final del crecimiento del cabello. Durante esta etapa, el cabello se mueve hacia arriba y está listo para desprenderse. El cabello está en su tamaño completo y se encuentra erguido en el folículo. El bulbo piloso no está activo; el cabello se libera y solo queda adherido por las células epidérmicas, el cabello puede reposar en el folículo o caerse.
- Fase latente: Tras la etapa telógena, el folículo está vacío y latente. El cabello viejo se cae y el ciclo comienza de nuevo. Si el cabello no se cae y la etapa anágena comienza nuevamente, dos cabellos pueden ocupar el mismo folículo (Font, 2005).

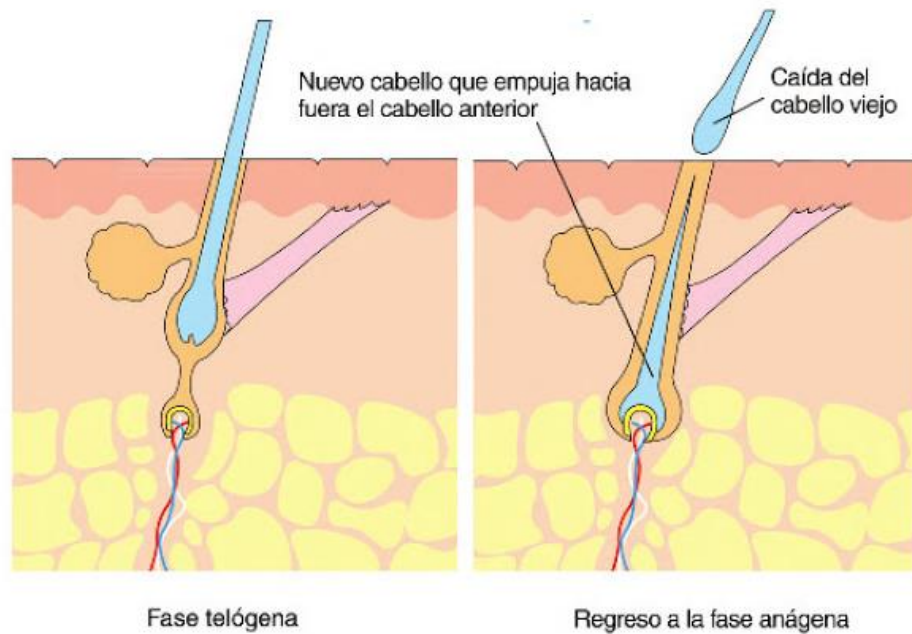


Figura 10. Fase telógena y fase latente del ciclo del cabello (Gerson, 2013)

1.3 Shampoos

Según la CANIPEC un shampoo es aquel producto que se utiliza para eliminar del cuero cabelludo, cabello y cuerpo, el exceso de grasa y partículas acumuladas.

El proceso por el cual son eliminadas las partículas extrañas del cabello es denominado detergencia. El cabello sano tiene una superficie hidrofóbica a la que se adhieren los lípidos, pero que repele el agua. La grasa no es arrastrada por el agua, por lo que no se puede lavar el cabello sólo con agua. Cuando se aplica shampoo al cabello húmedo, es absorbido en la superficie entre el cabello y el sebo. Los tensoactivos aniónicos reducen la tensión de superficie y favorecen la separación del sebo del cabello. La materia grasa (no polar) se emulsiona con el shampoo y el agua, y es arrastrada en el aclarado (Lochhead, 2012).

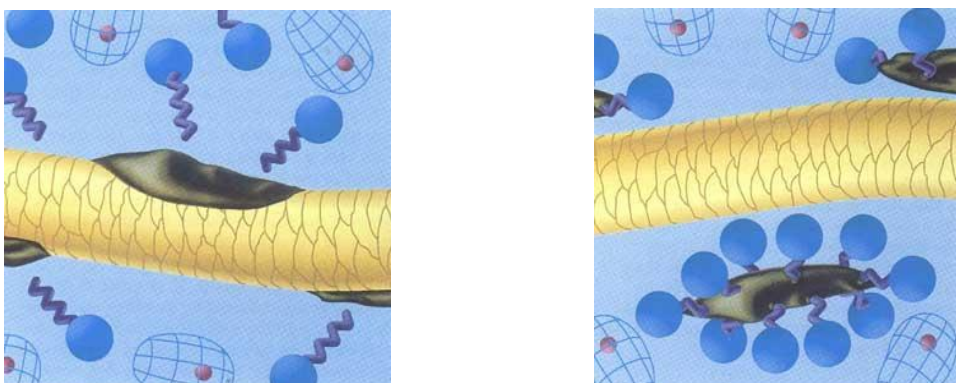


Figura 11. Funcionamiento de los tensoactivos presentes en un shampoo.

La cadena hidrófoba del tensoactivo tiene afinidad por los lípidos, cuando la partícula de suciedad se recubre con tensoactivo. El tensoactivo adsorbido sobre la superficie de la partícula de suciedad hace disminuir la superficie de contacto grasa-fibra capilar por tanto esta es desprendida del cabello.

1.4 Formulación de un shampoo

Los ingredientes base para la formulación de un shampoo son los siguientes:

- ✓ Tensoactivos (agentes de limpieza, espumantes y modificadores de la viscosidad)
- ✓ Agentes acondicionadores
- ✓ Aditivos especiales
- ✓ Conservadores
- ✓ Agentes secuestrantes
- ✓ Modificadores de la viscosidad
- ✓ Agentes opalescentes o clarificantes

1.4.1 Tensoactivos

1.4.1.1 Tensión Superficial

La tensión superficial es el resultado de fuerzas de atracción intermolecular en la superficie, estas fuerzas provocan una fuerza perpendicular a la superficie dirigidas hacia el seno del líquido (Adamson, 1997).

La tensión superficial (σ) se define como la energía necesaria para expandir una superficie en una unidad de área (A). Para incrementar la superficie se tendrían que trasladar moléculas desde el seno del líquido hasta la superficie, por lo que se requiere hacer un trabajo. El trabajo necesario para genera más superficies es proporcional a la superficie creada (Rodríguez, 1999).

$$dW = \sigma dA$$

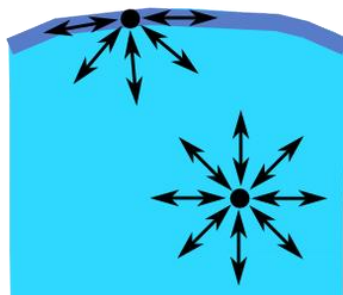


Figura 12. Fuerzas atractivas que actúan en las moléculas en el seno y al interior de un líquido.

La tensión superficial varía de un líquido a otro, depende principalmente de las fuerzas atractivas entre sus moléculas, aquellos con fuerzas intermoleculares pequeñas tendrán una baja tensión superficial. La tensión superficial se expresa en unidades mN/m.

La tensión superficial de una solución acuosa de tensoactivo llega a un límite debido a la saturación de la superficie a una determinada concentración, al adicionar más tensoactivo no disminuirá más allá de la tensión superficial. En esta etapa se comienzan a formar agregados moleculares, dichos agregados reciben el nombre de micelas. En una micela, la parte hidrofóbica de las moléculas queda resguardada en el interior mientras que la parte hidrofílica queda en contacto con el agua. Lo contrario sucede cuando el disolvente es de naturaleza hidrofóbica (Villa Guevara, 2013).

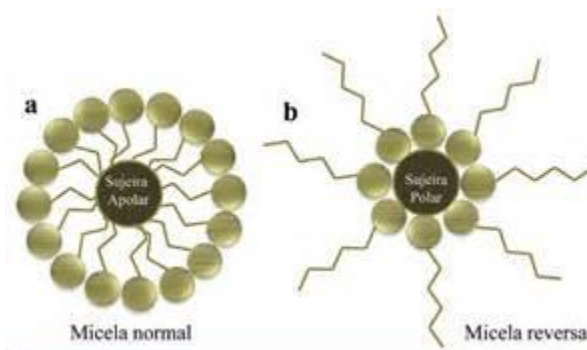
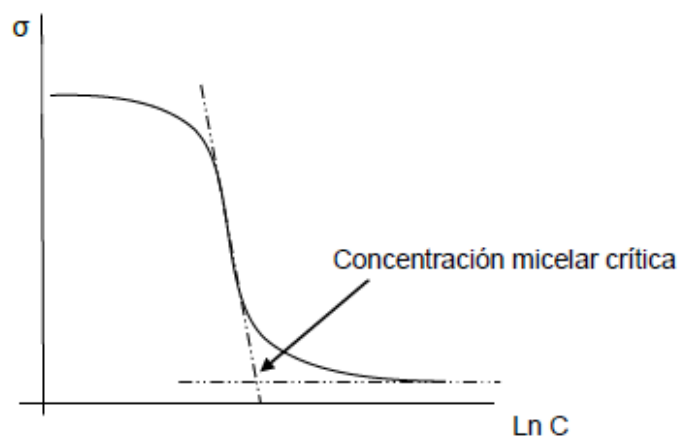


Figura 13. Comportamiento de los tensoactivos en diferentes solventes al saturarse la superficie.

La concentración de tensoactivo a la que comienzan a formarse micelas se le denomina concentración micelar crítica.



Gráfica 1. Representación gráfica para la determinación de la CMC.

1.4.1.2 Ángulo de contacto

El ángulo de contacto se refiere al ángulo que forma la superficie de un líquido al entrar en contacto con un sólido. El valor del ángulo de contacto depende principalmente de la relación que existe entre las fuerzas adhesivas entre el líquido y el sólido y las fuerzas cohesivas del líquido. Cuando las fuerzas adhesivas con la superficie del sólido son muy grandes en relación a las fuerzas cohesivas, el ángulo de contacto es menor de 90 grados, teniendo como resultado que el líquido moja la superficie.

La mojabilidad se define como “La tendencia de un fluido a extenderse o adherirse a una superficie sólida en presencia de otro fluido inmisible (González, 2014).

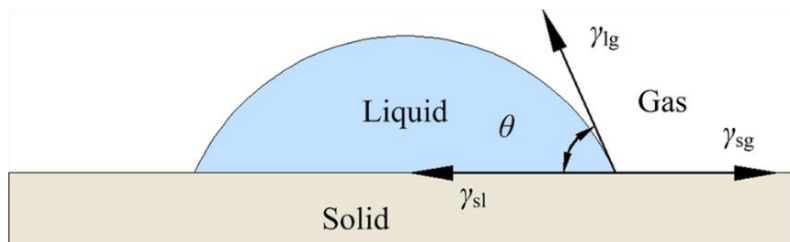


Figura 14. Representación gráfica del ángulo de contacto.

Para poder determinar el ángulo de contacto entre un sustrato y una superficie podemos utilizar la ecuación de Young la cual relaciona las tensiones interfaciales con el ángulo de contacto:

$$\sigma_{SV} = \sigma_{SL} + \sigma_{LV} \cos \theta$$

Esta ecuación nos permite predecir si es posible el desprendimiento de una grasa depositada en una superficie por medio de la solubilización de la misma.

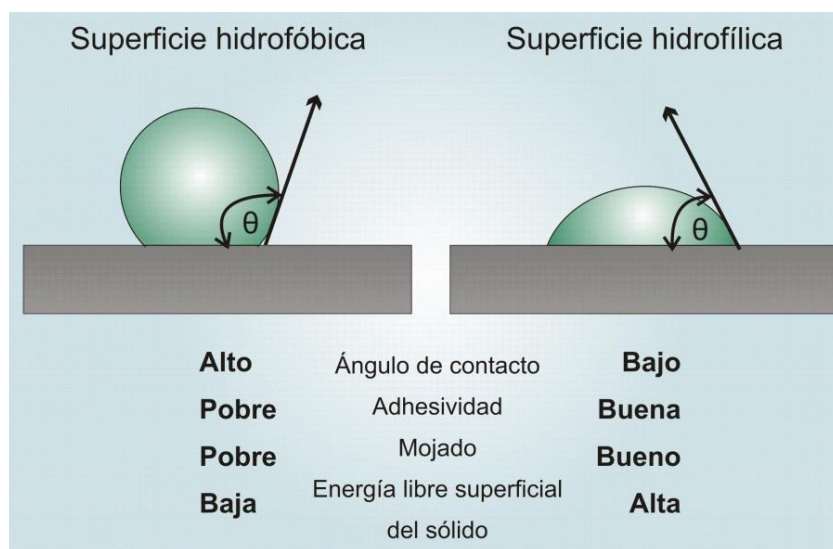


Figura 15. Esquema representando los ángulos de contacto de una superficie hidrofóbica e hidrofílica y sus propiedades.

Una superficie en la cual la gota forma un ángulo de contacto mayor que 90° , es una superficie hidrofóbica. Esta condición implica que la mojabilidad, adhesividad y la energía superficial del sólido son bajas. En cambio, si la superficie es hidrofílica, se observará un ángulo de contacto menor a 90° y tanto la mojabilidad, adhesividad como la energía superficial del sólido serán altas.

Tabla 4. Diferentes ángulos de contacto y sus correspondientes interacciones S/L y L/L.

Ángulo de contacto	Grado de mojabilidad	Fuerzas intermoleculares:	
		S/L interacciones	L/L Interacciones
$\theta = 0$	Perfecta	Fuerte	Débil
$0 < \theta < 90^\circ$	Alta	Fuerte	Fuerte
		Débil	Débil
$90^\circ \leq \theta < 180^\circ$	Baja	Débil	Fuerte
$\theta = 180^\circ$	Nula	Débil	Fuerte

1.4.1.3 Tipos de tensoactivos

Los tensoactivos son sustancias orgánicas que reducen la tensión superficial de un líquido, la tensión interfacial entre dos líquidos, o la tensión interfacial entre un líquido y un sólido.

Se componen de una cadena hidrofóbica o no polar (cola) y de un grupo funcional en el extremo de la molécula (cabeza).

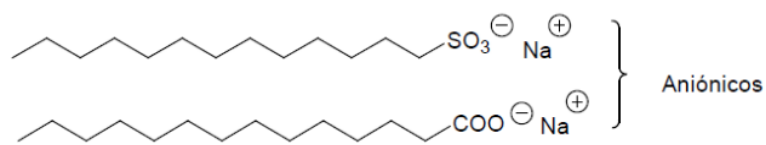


Figura 16. Estructura básica de un tensoactivo

Los tensoactivos se clasifican en cuatro tipos de acuerdo a sus características químicas:

- Tensoactivos aniónicos

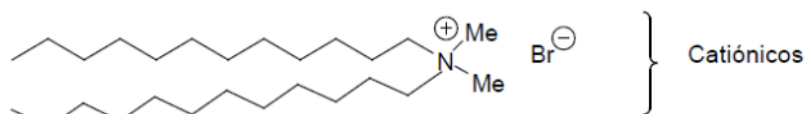
Son aquellas moléculas en las cuales el ion tensoactivo está cargado negativamente en solución. Por otra parte, este tipo de tensoactivos se encuentran subdivididos según la manera en la que el grupo aniónico está ligado a la parte hidrófoba de la molécula. Dentro de este grupo están los jabones, que son sales sódicas o potásicas de ácidos grasos lineales y son espumantes.



(Sanz, 2011)

- Tensoactivos catiónicos

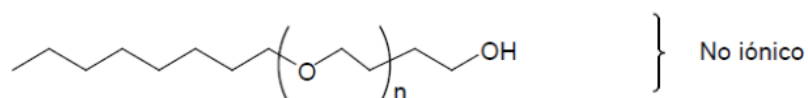
Se caracterizan por el hecho de que el ion tensoactivo este cargado positivamente en solución. Se encuentran de forma minoritaria en los detergentes y son incompatibles con los aniónicos, por lo que no suelen mezclarse en una misma formulación; no obstante, en algún caso la presencia de un tensoactivo catiónico en pequeña cantidad aumenta las propiedades detergentes del tensoactivo aniónico.



(Sanz, 2011)

- Tensoactivos no iónicos

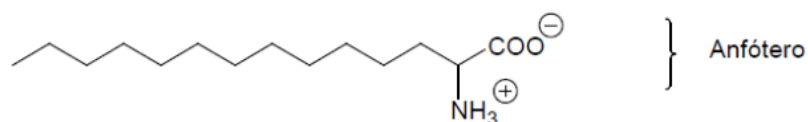
Se caracterizan por el hecho de que la parte hidrófila de la molécula generalmente está constituida por una multiplicidad de pequeños grupos polares no cargados. Forman un grupo de tensoactivos de amplia y variada aplicación, no sólo en el campo de la detergencia sino en muchos otros sectores industriales. Son compatibles tanto con los tensoactivos catiónicos como los aniónicos; son solubles en agua y funcionan bien en aguas duras.



(Sanz, 2011)

- Tensoactivos anfóteros

Se caracterizan por poseer tanto un grupo catiónico como un grupo aniónico, la carga de la sustancia depende del pH de la solución. Son compatibles con el resto de tensoactivos, con la piel y mucosas; tienen baja sensibilidad a las aguas duras.



(Sanz, 2011)

1.4.1.4 Sistemas dispersos

Son mezclas de dos o más sustancias en las que una fase está dispersa o discontinua y otra es dispersante o continúa. Estas fases interactúan en menor o mayor grado según el tipo de sistema disperso que conformen. Utilizando los términos que se emplean para caracterizar una disolución, la fase dispersante es el solvente (que disuelve) y está en mayor proporción y la fase dispersa es el soluto (se disuelve) y se agrega en menor cantidad (González, 2014).

Tabla 5. Ejemplos de sistemas dispersos

Sistema	Medio dispersante	Componente disperso
Humo, aerosol	Gaseoso	Sólido
Niebla, aerosol	Gaseoso	Líquido
Espuma	Líquido	Gaseoso
Emulsion	Líquido	Líquido
Sol, suspensión	Líquido	Sólido
Espuma sólida	Sólido	Gas, líquido, sólido

1.4.1.5 Detergencia

La detergencia es un conjunto de fenómenos que incluyen la adsorción de tensoactivos en la interfase, las alteraciones de tensiones superficiales, la emulsificación, la solubilización y los fenómenos electrostáticos (Michael, 2006).

La efectividad de la detergencia dependerá de que tan efectivos sean los tensoactivos para remover y encapsular la suciedad.

Las combinaciones de distintos tipos de tensoactivos pueden producir efectos deseables en el proceso de limpieza. Los tensoactivos no-iónicos y aniónicos funcionan para la remoción de suciedad en sustratos hidrofóbicos, sin embargo, los tensoactivos aniónicos trabajan mejor con sustratos menos hidrofóbicos.

La eficacia de la detergencia de un tensoactivo se ve aumentada cuando la longitud de su cadena hidrofóbica es mayor, de igual manera la longitud de la cadena hidrofóbica está limitada por la solubilidad de la molécula en agua ya que cuando mayor es la cadena la solubilidad disminuye.

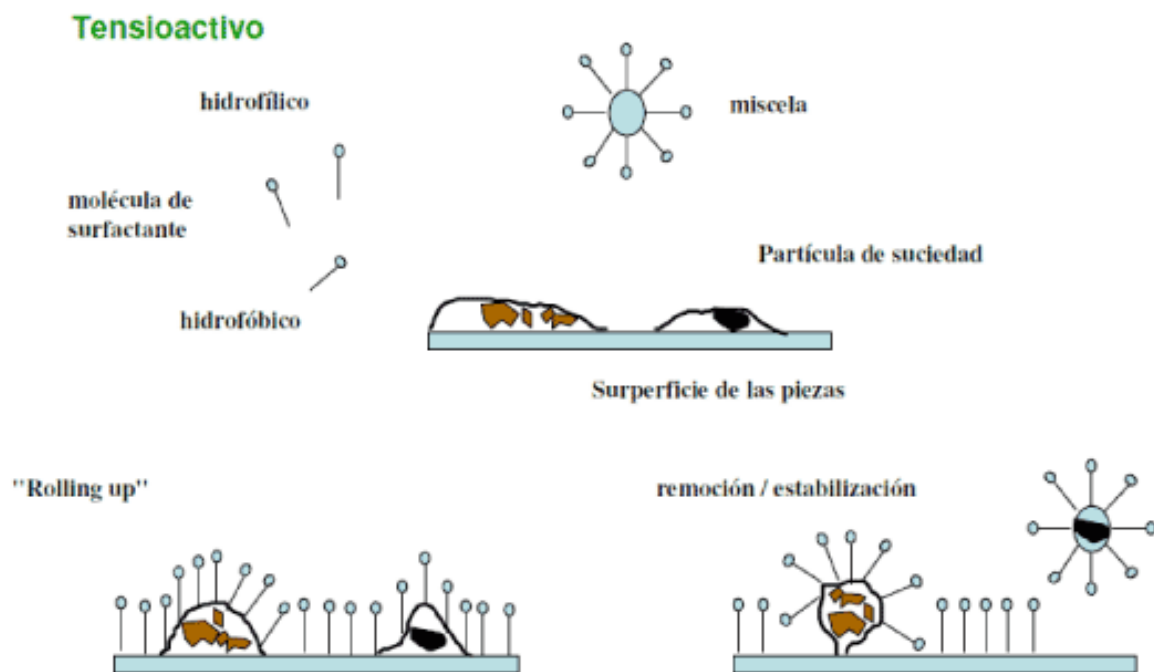


Figura 17. Fases del fenómeno de detergencia (Marina, 2012)

1.4.1.5 Espuma

Dentro de los parámetros más importantes a evaluar en el desarrollo de un shampoo se encuentra la cantidad de espuma que este produce, mientras más cantidad de espuma produce es mayormente preferido por el consumidor puesto que asocia la cantidad de espuma con su eficacia, mientras mayor sea la cantidad de espuma mejor será la detergencia, aunque no necesariamente siempre se cumple esto. No existe una relación ente la detergencia y la cantidad de espuma producida por un shampoo, por otra parte, la cantidad de espuma puede ser incrementada por otros componentes y no específicamente solo con tensoactivos.

Las espumas son sistemas en los que un gas constituye la fase dispersa y un líquido o sólido la fase continua; la fase gaseosa se esparce a lo largo de toda la fase líquida, de manera que las cavidades o burbujas de gas quedan separadas por finas películas de líquido (Gracia Fadrique, 2014).

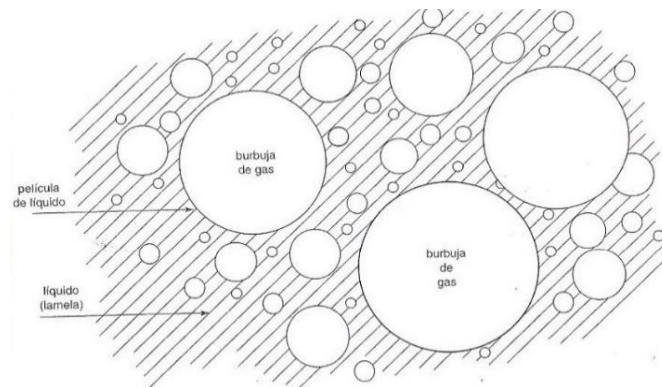


Figura 18. Esquema de la estructura de una espuma (Fadrique, 2014)

Las dos fases que conforman la espuma están íntimamente ligadas y forman una estructura que se torna más ordenada a medida que la cantidad de gas aumenta. Para que este tipo de sistemas reciba el nombre de espuma, la concentración de la fase dispersa debe ser elevada.

Las lamelas son los contornos de líquido resultado del contacto de dos o más burbujas de la espuma; estos contornos o canales sirven como una reserva de disolución que alimenta y proporciona nuevo material tensoactivo o anfifílico a la superficie y que establece un equilibrio instantáneo entre el material tensoactivo ubicado en la superficie y el líquido lamelar. Los bordes de las lamelas formadas por tres burbujas se conocen como bordes de Plateau (Henderson, 2012).

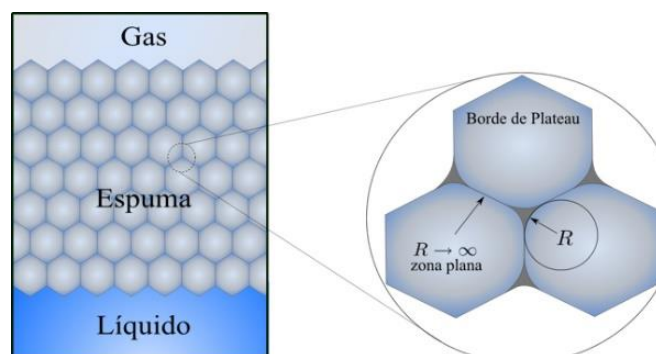


Figura 19. Representación esquemática de los Bordes de Plateau (Fadrique, 2014)

En una formulación de shampoo la formación de espuma depende principalmente de los tensoactivos empleados. A baja concentración de tensoactivo, la tensión superficial se parece a la del agua pura y por tanto no hay un gradiente de tensión apreciable por estiramiento de la película. Esto corresponde con las medidas experimentales que indican que la espumabilidad aumenta a medida que la concentración de tensoactivo se incrementa hasta la concentración micelar crítica (CMC), y que a continuación ésta tiende a invertirse.

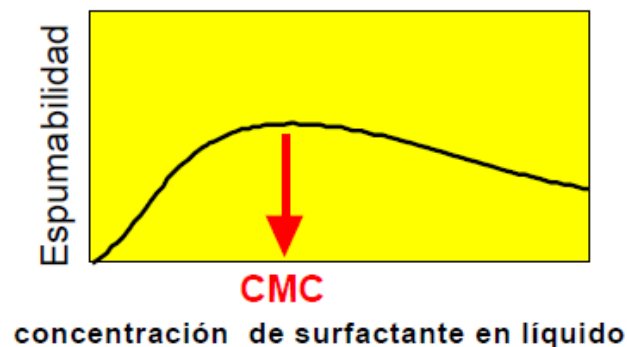


Figura 20. Variación de la espumabilidad con la concentración del tensoactivo en fase líquida (Salager, 1999)

1.4.2 Importancia del pH en la formulación de un shampoo

Los shampoos contienen ajustadores de pH para minimizar el daño al cabello, la mayoría de los shampoos presentan un pH alcalino el cual causa hinchazón en el tallo del cabello, dañando los componentes de la cutícula protectora del tallo de cabello (Draelos, 2012).

Cuando el valor pH baja por debajo de 6.0 las capas de la cutícula se contraen y tensan. Un acondicionador ácido y suave (con un pH menor de 7) puede aportar brillo al cabello, ya que una superficie suave refleja más luz; sin embargo, los ácidos fuertes dañan el cabello.

Cuando el valor pH se vuelve alcalino (por encima de 7.0) la capa de la cutícula se suaviza y expande como una piña de pino. Esto es necesario como parte del proceso de coloración para poder depositar pigmentos dentro de la estructura del cabello, sin embargo, si el pH se vuelve demasiado alcalino, se puede dañar al cabello. Muchos productos de forma usan este efecto de un valor pH alcalino sobre el cabello (Schwarzkopf, 2017).

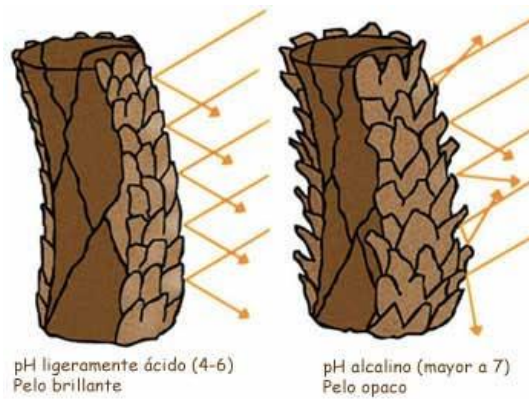


Figura 21. Efectos del pH sobre la cutícula del cabello

1.4.3 Agentes acondicionadores

Un agente acondicionador es aquel que, aplicado en el cabello, facilita el peinado, reduce los daños producidos por acciones mecánicas y minimiza en lo posible los efectos perjudiciales del uso de productos o tratamientos agresivos, dejando el cabello suave, manejable, con brillo y más resistente a la fricción (Azcona, 2010). En el mercado actual, tenemos shampoos que llevan incorporados en su formulación activos acondicionadores.

En la actualidad contamos con polímeros cuaternarios cuya estructura polimérica facilita la formación de una película sobre la fibra capilar.

Los tipos de acondicionadores se pueden dividir en tres categorías:

- Hidratantes

Se trata de compuestos que contienen ácidos grasos esenciales, que ayudan a hacer que el cabello quede suave y manejable mediante la sustitución de los aceites eliminados por los shampoos, ayudando a sellar la capa de la cutícula y evitar las puntas abiertas (Scali-Sheahan, 2011).

- Desenredantes

Después del shampoo, el cabello es a menudo complicado y difícil de manejar. Un acondicionador con un equilibrio de pH bajo cierra la capa de la cutícula del cabello, permitiendo que cada mechón se pueda separar de los otros. Ayudan a desenredar el cabello para ser flexible y fácil de peinar, lo que se traduce en un menor número de puntas abiertas al desenredar el cabello (Scali-Sheahan, 2011).

- Reconstituyentes

Los acondicionadores reconstituyentes son acondicionadores que contienen proteínas. Estos ayudan a reconstruir el cabello al penetrar en el eje del cabello y la reposición de la proteína en el cabello. Como las proteínas son los bloques constructores de cabello, los aminoácidos y proteínas en el acondicionador se adhieren a las áreas dañadas del cabello, por lo que los hace más gruesos y más fuertes, ayudando a reducir las futuras puntas abiertas del cabello y hacerlo más flexible.

1.4.4 Modificadores reológicos

1.4.4.1 Reología

La reología es considerada parte de la mecánica que estudia la elasticidad, plasticidad y viscosidad de la materia (Bird, 1998). Estudia las propiedades mecánicas de los gases, líquidos, plásticos, sustancias asfálticas, materiales cristalinos y otros.

Una aplicación de la reología en la cosmética es conocer el comportamiento de las formulaciones y con ello controlar algunas de las variables que influyen en el mismo. Para las cremas y suspensiones tópicas, por ejemplo, la estabilidad durante el almacenamiento es muy importante. Si el producto se separa puede tener un rendimiento inconsistente a menos que sea efectivamente reincorporado antes de su uso. La viscosidad alta le da cuerpo a una formulación y reduce la probabilidad de establecer y minimizar la influencia de otros mecanismos de separación. Durante el uso, se aplican condiciones diferentes, frotar la crema sobre la piel o bombear una suspensión desde una botella aplica un cizallamiento relativamente alto a la formulación. El objetivo es expandir la crema en capas delgadas o sacar el producto de la botella de una forma regular sin mucho esfuerzo. En este caso, es preferible que la viscosidad sea baja. (Kippax, 2008).

La viscosidad es la resistencia que tienen las moléculas que conforman un líquido para separarse unas de otras, es decir, es la oposición de un fluido a deformarse y esta oposición es debida a las fuerzas de adherencia que tienen unas moléculas de un líquido o fluido con respecto a las otras moléculas del mismo líquido.

1.4.4.2 Tipos de Fluidos

Un fluido se define como una sustancia que se deforma continuamente bajo la acción de un esfuerzo de corte (cizalla), por tanto, en ausencia de este, no habrá deformación. Los fluidos pueden clasificarse de manera general de acuerdo con la relación entre el esfuerzo de corte aplicado y la relación de deformación.

Las fuerzas de atracción que mantiene las moléculas a distancias ínfimas dando a los líquidos suficiente cohesión determinan que éstos al fluir a través de un tubo produzcan fricción. La resistencia que el líquido ofrece al flujo se denomina viscosidad.

Existen 3 tipos de fluidos:

- Newtonianos (Proporcional entre la fuerza cortante y la velocidad de deformación).
- No Newtonianos (No hay proporcionalidad entre el esfuerzo cortante y la velocidad de deformación).
- Viscoelásticos (Se comportan como líquidos y sólidos, presentado propiedades de ambos).



Figura 22. Tipos de fluidos

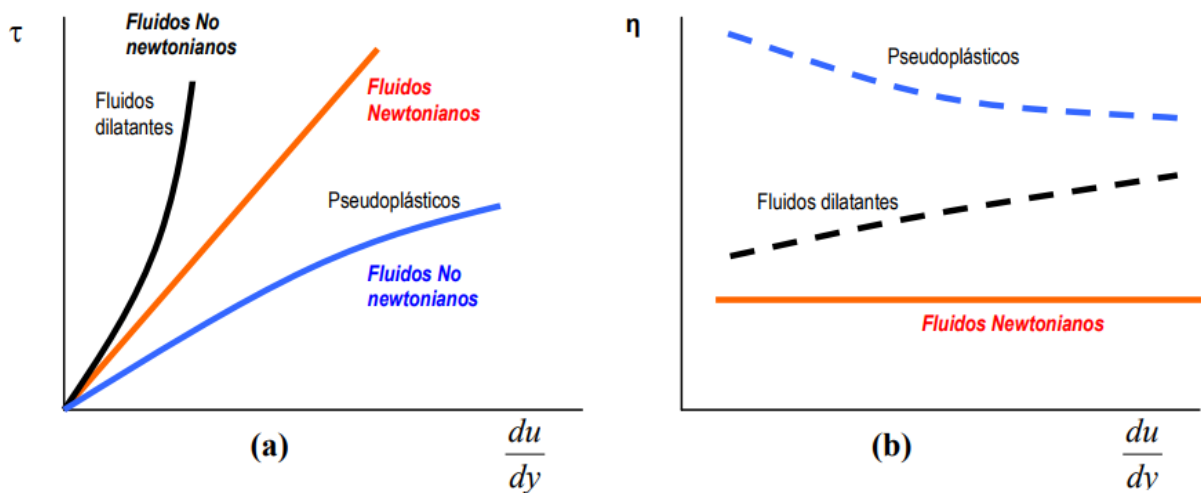


Figura 23. Fluidos newtonianos y no newtonianos: (a) Esfuerzo cortante y (b) viscosidad aparente vs. Velocidad de deformación.

1.5 Evaluaciones para un producto cosmético

1.5.1 Estabilidad de un producto cosmético

El estudio de estabilidad de productos cosméticos proporciona información que indica el grado de estabilidad relativa de un producto en las variadas condiciones a las que pueda estar sujeto desde su fabricación hasta su expiración.

Las condiciones de almacenamiento comunes usadas en la industria son 54°C, 45°C, 37°C, temperatura ambiente (25°C), 4°C, congelamiento/descongelamiento y exposición a luz fluorescente y luz natural (Arila, 2008).

Otros parámetros que son importantes en la evolución son el pH, la viscosidad, el tamaño de partícula y la conductividad eléctrica.

1.5.1.1 Tipos de prueba de estabilidad

1. Estabilidad preliminar: Tiene como objetivo auxiliar y orientar en la elección de las formulaciones. Emplea condiciones extremas de temperatura con el objetivo de acelerar las posibles reacciones entre los componentes de la formulación. Esta prueba no tiene como finalidad estimar la vida útil del producto, sino auxiliar en la selección de las formulaciones.

2. Estabilidad acelerada: Tiene como objetivo proporcionar datos para prever la estabilidad del producto, tiempo de vida útil y compatibilidad de la formulación con el material de acondicionamiento. También puede realizarse cuando existe cambios significativos en la formulación o bien si cambia el proceso de fabricación.

1.5.2 Metodologías de evaluación de desempeño

Durante la fase inicial del desarrollo del nuevo producto, las pruebas a menudo comienzan con evaluaciones in-vitro usando técnicas instrumentales diseñadas para medir y cuantificar los efectos sobre fibras de cabello. El valor objetivo de estas pruebas radica en su capacidad para predecir la percepción del usuario. A menudo las técnicas instrumentales complementarias son evaluaciones sensoriales de un panel de expertos, a pesar de que estas técnicas son diseñadas para proporcionar datos objetivos, por su naturaleza los datos son más subjetivos (Albanese, 2005). Estos datos pueden analizarse estadísticamente para que puedan funcionar como una guía para seguir con la formulación o ajustarla de acuerdo a las características que se desean. En periodo corto de tiempo y a un costo relativamente bajo, el Salon Test proporciona información cuantitativa datos que evalúan los atributos de rendimiento deseados y dan una indicación temprana de la aceptación del consumidor. Los grupos focales se utilizan con mayor frecuencia para proporcionar datos cualitativos y ayudar el desarrollo del marketing. Las pruebas de consumidores a gran escala siempre se ejecutan en las etapas finales de desarrollo. Estas pruebas proporcionan datos cuantitativos sustanciales y se llevan a cabo ya sea como una prueba de producto identificado o una prueba en ciego del producto. Es deseable realizar evaluaciones instrumentales o de panel in-vitro en el laboratorio ya que son más objetivo y permiten predecir los efectos sobre el cabello en ausencia de percepciones psicológicas.

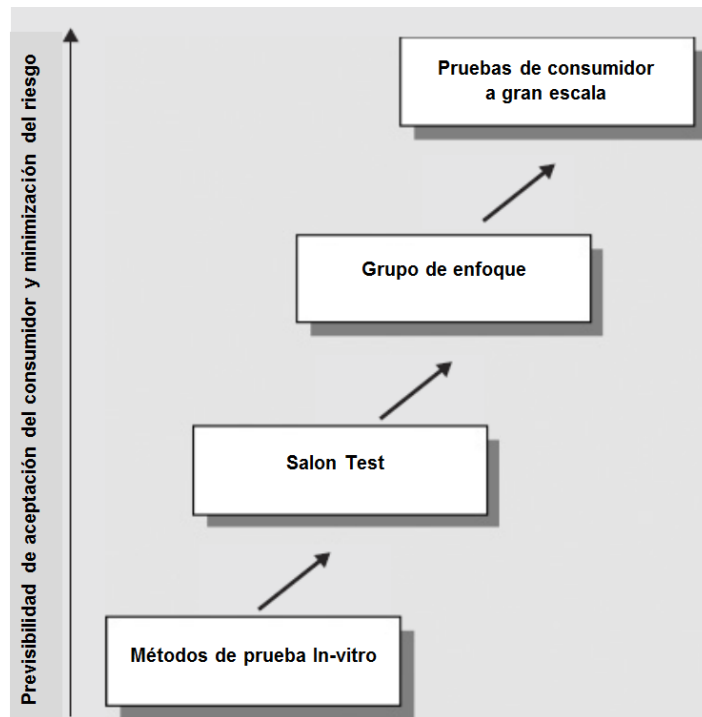


Figura 24. Evaluación para el desarrollo de un producto para el cuidado del cabello (Albanese, 2005)

1.5.2.1 Evaluación sensorial

La evaluación sensorial involucra el desarrollo y uso de principios y métodos para medir respuestas humanas a productos específicos, también llamada análisis sensorial, fue definida en 1975 por la División de Evaluación Sensorial del Instituto de Tecnólogos en Alimentos y aceptada mundialmente como una disciplina científica usada para evocar, medir, analizar e interpretar las características de los alimentos y materiales como son percibidos por los sentidos de la visión, gusto, tacto y oído (Hernández, 2007).

En análisis sensorial sirve de manera general para el desarrollo de un nuevo producto, el proceso de fabricación, la influencia de modificaciones en la formulación.

El análisis sensorial es actualmente una disciplina perfectamente establecida, es por ello que se ha llegado a la consolidación de normas desarrolladas en el marco de la Organización Internacional de Normalización (ISO), con referencias a la hora de validar los resultados de cualquier tipo de análisis sensorial, aplicado en alimentos (AENOR, 2010).

El análisis sensorial comprende el estudio de los sentidos humanos, debido a que los seres humanos se diferencian notoriamente en lo referente a la capacidad de emplear los sentidos y retener información (Grub,1997).

El análisis sensorial se encuentra desarrollado en gran medida en el área de alimentos ya que surge como una necesidad de mantener constante la calidad de los alimentos procesados, su propósito es estudiar cómo las propiedades de los alimentos u otros materiales son percibidas por los sentidos.

Uno de los objetivos de este proyecto es evaluar el desempeño del shampoo con ayuda de un panel entrenado por medio de la evaluación sensorial, como se menciona anteriormente el análisis sensorial se encuentra más enfocado en la industria alimentaria, pero es importante aplicar estos conocimientos al área cosmética ya que los seres humanos percibimos por nuestros sentidos y por ello es importante conocer cómo será comportamiento del producto una vez aplicado.

1.5.2.2 Evaluación instrumental

ASTM E2082-12 Guía descriptiva del Análisis de un Shampoo.

Los métodos descritos en esta guía pueden utilizarse para describir cualitativa y cuantitativamente el rendimiento y las características sensoriales de los shampoos.

El objetivo de esta guía es proporcionar procedimientos que puedan ser utilizados en el diseño, ejecución y análisis de estudios para evaluar cuantitativamente los atributos sensoriales objetivos de los shampoos. Esta es una de las muchas técnicas apropiadas utilizadas en la industria del cuidado del cabello. Estos atributos se pueden utilizar para definir el desempeño de shampoos y para proporcionar dirección en la formulación del producto, pruebas de orientación de investigación y justificación de la reclamación.

1.5.3 Pruebas de irritación de un producto cosmético

Los productos de perfumería y belleza son formulaciones que contienen sustancias químicas e ingredientes que pueden causar lesiones en ojos o en la piel, por tal motivo es importante comprobar que su contenido es inocuo. Las pruebas que se llevan a cabo son:

- Irritabilidad en piel: Esta prueba pone en manifiesto las reacciones inflamatorias locales que se presenten sobre piel de conejos albinos previamente rasurados después de la aplicación de una sustancia.
- Irritabilidad ocular: La prueba tiene como objetivo determinar las alteraciones fisiológicas de las membranas oculares de conejos que se puedan presentar después de la aplicación de una muestra.

1.5.4 Legislación aplicable a un producto cosmético

Los cosméticos son productos de venta libre y de uso diario para los consumidores, por tal motivo es necesario monitorear la post-comercialización de dichos productos, ya que pueden presentarse reacciones adversas que no en todos los casos llegan a ser reportadas, ni se les da el seguimiento adecuado.

Algunos de los marcos regulatorios que debe cumplir un producto cosmético son los siguientes:

- La Secretaría de Salud define en la Ley General de Salud a los productos del cuidado personal en el artículo 269 de la siguiente manera:

ARTÍCULO 269. Para los efectos de esta Ley, se consideran productos de perfumería y belleza:

- I. Los productos de cualquier origen, independientemente de su estado físico, destinados a modificar el olor natural del cuerpo humano:
 - II. Los productos o preparaciones de uso externo destinados a preservar o mejorar la apariencia personal:
 - III. Los productos o preparados destinados al aseo de las personas, y IV. Los repelentes que se apliquen directamente a la piel.
- Ley Federal de Protección al Consumidor.
 - Reglamento de Control Sanitario de Productos y Servicios. Establece la regulación control y fomento sanitario de los procesos, importación y exportación de los productos de PERFUMERÍA, BELLEZA Y REPELENTES DE INSECTOS.
 - Reglamento de la Ley Federal para la Protección del Consumidor.
 - Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Publicidad.

- ACUERDO por el que se determinan las sustancias prohibidas y restringidas en la elaboración de productos de perfumería y belleza.
- Modificación del acuerdo por el que se determinan las sustancias prohibidas y restringidas en la elaboración de productos de perfumería y belleza.
- NOM-141-SSA1/SCFI-2012, Etiquetado para productos cosméticos peenvasados, Etiquetado sanitario y comercial. Se define a los Productos cosméticos, las sustancias o formulaciones destinadas a ser puestas en contacto con las partes superficiales del cuerpo humano: epidermis, sistema piloso y capilar, uñas, labios y órganos genitales externos, o con los dientes y mucosas bucales con el fin exclusivo o principal de limpiarlos, perfumarlos, ayudar a modificar su aspecto, protegerlos, mantenerlos en buen estado o corregir los olores corporales o atenuar o prevenir deficiencias o alteraciones en el funcionamiento de la piel sana.
- NOM-089-SSA1-1994. Métodos para la determinación del contenido microbiano en productos de belleza.
- NOM-039-SSA1-1993. Determinación de los índices de irritación ocular, primaria dérmica y sensibilización.

El marco regulatorio en México sobre los productos cosméticos aún no está definido del todo, pero es muy importante conocer las propiedades en las cuales fue elaborado en producto, durante su distribución y si es posible es importante conocer cómo ha sido el desempeño del mismo aun después de que el consumidor lo ha adquirido.

De esta manera nace el concepto de Cosmetovigilancia y la necesidad de implementar sistemas para llevarla a cabo.

1.6 Desarrollo de un cosmético

1.6.1 Brief

Es un documento donde se encuentra por escrito, la mayor cantidad de información necesaria de un producto, como son: sus objetivos, estrategias de marketing y ventas, sus estadísticas, target o público objetivo, etc., es una herramienta muy flexible que se adapta a nuestras necesidades para conocer mejor al cliente y así tener un mejor panorama sobre el desarrollo y venta del producto.

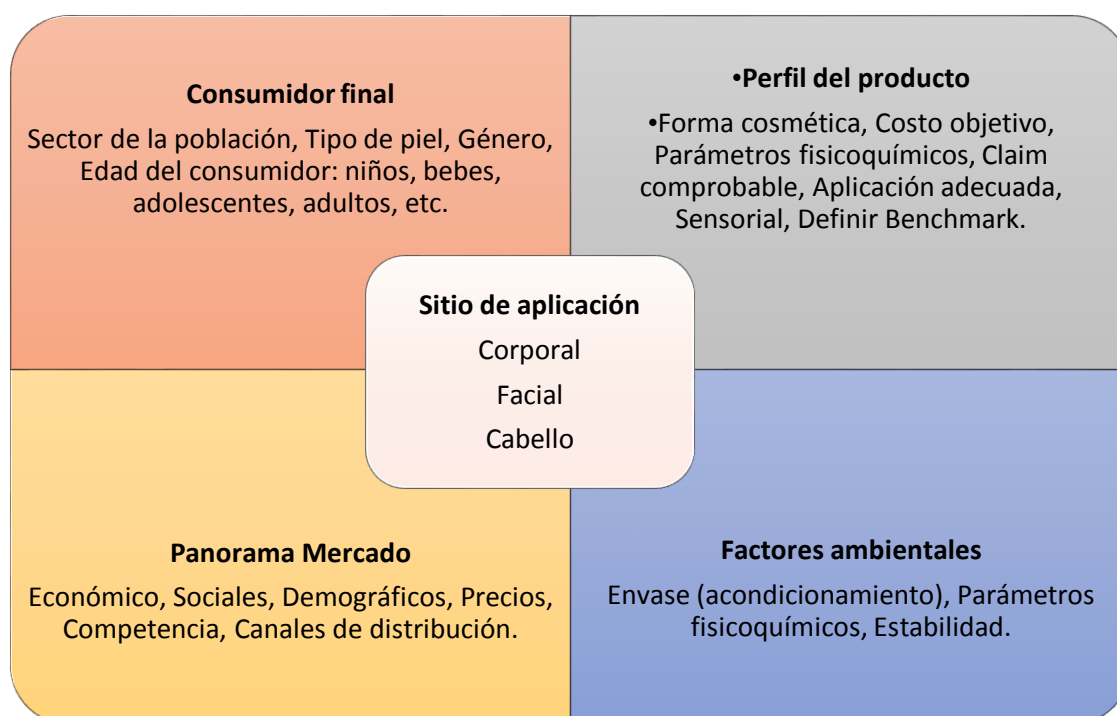
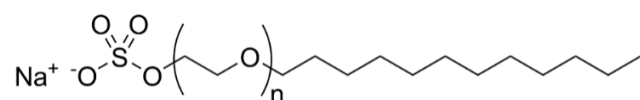


Figura 25. Factores a considerar para el desarrollo de un Producto.

1.6.2 Ingredientes de la formulación

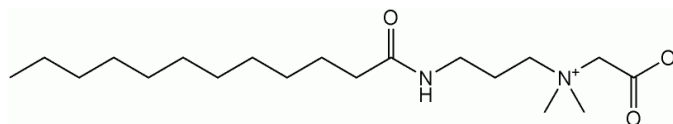
Principales materias primas utilizadas en la formulación del shampoo

1.6.2.1 Lauril éter sulfato de sodio



Se trata de un tensoactivo de tipo aniónico, tiene propiedades como emulsificante, dispersante, humectante y ayuda a la producción de espuma, presenta baja irritabilidad en piel y ojos. Es ampliamente utilizado para la formulación de detergentes lavatrastos, shampoo, jabón para manos, entre otros.

1.6.2.2 Cocoamido propilbetaina

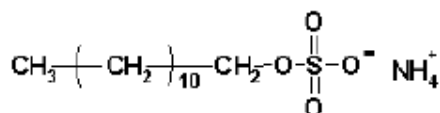


Se trata de un tensoactivo anfótero, derivado de amida de ácido graso con estructura de betaína.

Su nombre INCI es Cocamidopropyl betaine. Se utiliza para la fabricación de shampoos y preparados para la limpieza de la piel. Su principal función en cosméticos es como agente emulsionante y espesante, también es capaz de reducir la irritación producida por tensoactivos iónicos. Es compatible con otros tensoactivos catiónicos, aniónicos y no iónicos.

1.6.2.3 Lauril éter sulfato de amonio

El lauril sulfato de amonio es un tensoactivo aniónico, presenta propiedades detergentes, espumantes y una buena solubilidad en agua, además de poseer una buena compatibilidad con la piel. Este tensoactivo es compatible con casi todas las materias primas.



1.6.2.4 Cloruro de Guar Hidroxipropiltrimonio (N Hance 3196™)

Los aditivos derivados de la goma guar son polímeros de base natural, solubles en agua, utilizados en una amplia gama de aplicaciones de cuidado personal. Al ser un polímero catiónico se utiliza en la formulación de shampoos, acondicionadores, geles, cremas, jabones líquidos, entre otros. Estos aditivos funcionan como agentes acondicionadores, modificadores de la viscosidad, reductores estáticos y potenciadores de la espuma.

Se deriva de las plantas de guar *Cyamopsis tetragonoloba*, un recurso natural abundante y renovable. Esta leguminosa la podemos encontrar en climas secos y calientes. De esta planta se obtiene las vainas que contienen pequeñas semillas redondas que es de donde proviene la goma de guar.



Figura 26. *Cyamopsis tetragonoloba*

Polímero catiónico cuaternario que proporciona acondicionamiento y mejora la viscosidad.

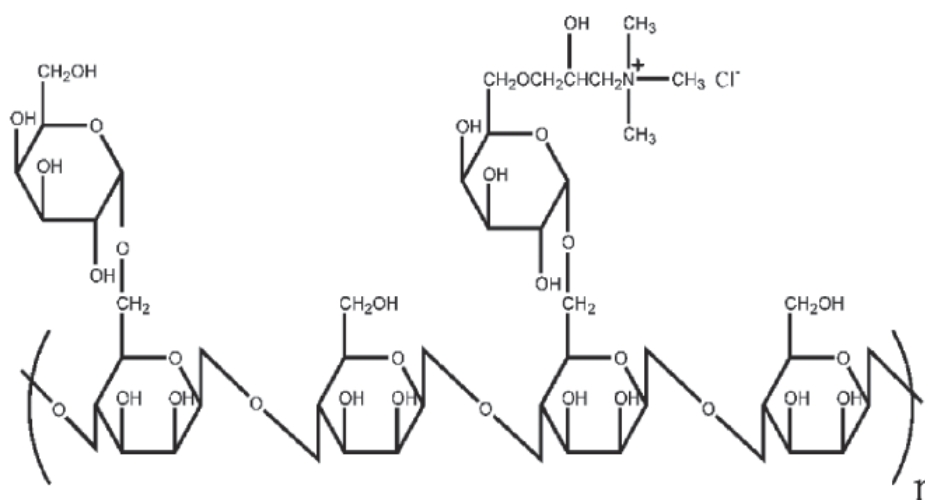


Figura 27. Estructura química idealizada de la goma guar.

1.6.2.5 Policuaternio 28 (Gafquat HS-100™)

Nombre INCI Polyquaternimun 28, se trata de un aditivo acondicionador para shampoo, proporciona una excelente capacidad de peinado en húmedo y en seco, es el encargado de darle cuerpo y peinabilidad al cabello.

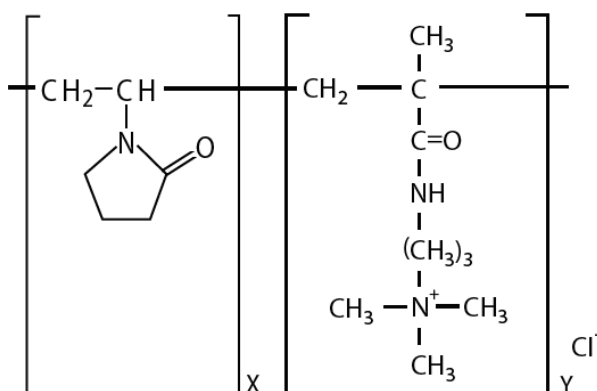


Figura 28. Estructura química del policuaternio 28.

La solución catiónica de policuaternio 28 es sustantiva al cabello debido a su naturaleza catiónica y a la estructura del anillo de la pirrolidona la cual es químicamente muy similar a las proteínas capilares.



Figura 29. Comparación de una mecha control sin agentes acondicionadores vs una mecha que contiene una solución acuosa al 0.5% de policuaternio 28 (Aschland, Conditione NT-20 cationic solution, 2013).

1.6.2.6 Policuaternio 28 y dimeticona (Gafquat HSI™)

Este producto presenta una dimeticona que ofrece una serie de beneficios bien conocidos para los productos de cuidado personal, incluyendo: buen acondicionamiento, emoliencia, facilidad de peinado y mayor brillo.

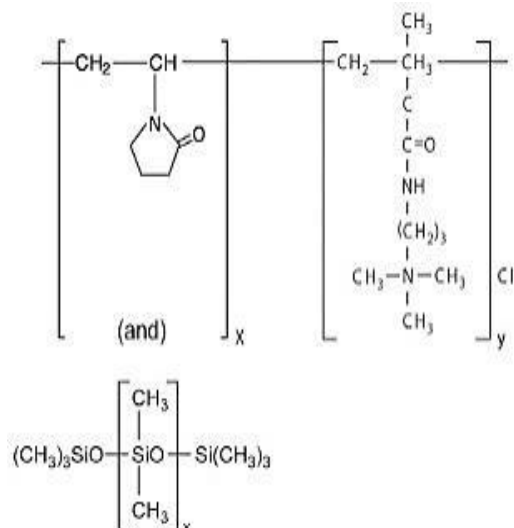


Figura 30. Estructura química del policuaternio 28 y dimeticona.

Es ligeramente sustantivo al cabello, pero se ha encontrado que proporciona mejores características de desempeño como, por ejemplo, facilidad de peinado, suavidad y consistencia sedosa. Estos atributos se asocian con cabello saludable y acondicionado. No muestra acumulación de silicona en la superficie del cabello después de las aplicaciones, en contraste con la acumulación de otros agentes acondicionadores presentes en shampoos de venta en el mercado.

1.6.2.7 Cloruro de poliacrilamidopropiltrimonio (N-Durhance A-1000™)

Polímero que sirve para restaurar el cabello dañado por ciertos regímenes de limpieza, tratamientos y exposiciones al calor. Tiene la capacidad de devolver las características de un cabello virgen.

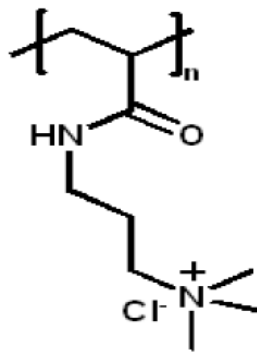


Figura 31. Estructura química del Cloruro de poliacrilamidopropiltrimonio.

Su mecanismo de acción es por medio de un conducto para la floculación controlada in situ (ISCF™), el polímero acondicionador N-DurHance A-1000 devuelve hilos de cabello dañados con propiedades hidrófilas de nuevo a un estado de hidrofobicidad. Las cargas positivas excesivas que emanan del polímero controlarán in situ después de la floculación sobre el cabello desde la llegada de tensoactivos y agentes acondicionadores, otorgando hidrofobicidad al cabello de una manera que es a la vez eficiente y completa (Ashland, N-Durhance A-1000 conditioning polymer, 2013).



Figura 32. Mecanismo In situ controlled flocculation (ISCF™).

1.6.2.8 Glicerina/Cloruro Hidroxietilcetearamidopropildimonio; Behenyl Alcohol; Alcohol cetearílico/ Policuaternio 55/ Ciclopentasiloxano; Dimeticonol/ Cetearth-20 (Lumini system™)

Activo que promueve la texturización de la fibra capilar, desarrollado para proporcionar acondicionamiento y brillo como también efecto liso y acción anti-frizz. Permite también efectiva protección del color de los cabellos teñidos.

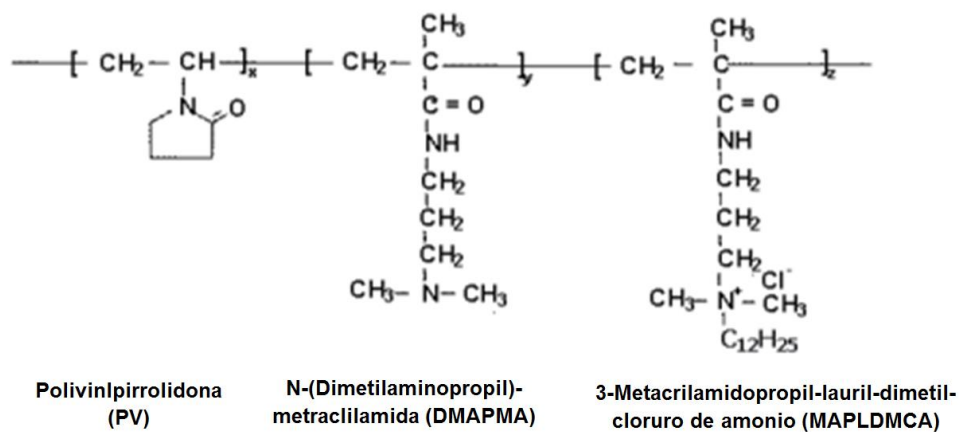


Figura 33. Estructura química del sistema Lumini System

1.6.2.9 Copolímero de acrilato, ACP (Surfathix N™)

Polímero de acrilato lineal y aniónico compuesto por el monómero ácido acrílico, $\text{CH}_2=\text{CHCOO}^-\text{H}^+$. Los grupos de ácido acrílico están esparcidos uniformemente a lo largo de la cadena. El polímero de ácido acrílico neutralizado con NaOH es el poliacrilato de sodio. Los poliacrilatos se utilizan mejor en agua blanca de baja salinidad para lograr la mejor dispersión y alargamiento de la cadena completa.

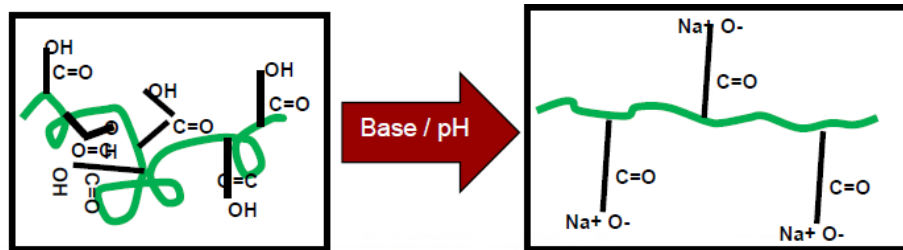


Figura 34. Efecto del pH sobre los polímeros de acrilato.

El uso de Surfathix N dentro de las formulaciones de cuidado personal, proporciona las siguientes características:

- Espesar más eficientemente con o sin sulfatos, es compatible con una amplia gama de tensioactivos / sales
- Ajuste de pH de un solo paso, sin acidificación trasera y facilidad de uso
- Logra efectos visuales especiales a través de la suspensión, tales como cuentas, brillo y nacarado con mayor eficacia en las formulaciones

II. PARTE EXPERIMENTAL

2.1 OBJETIVOS

-Objetivos generales

*Desarrollar una formulación de shampoo blanco perlado, que muestre un desempeño semejante o superior en cuanto a espuma, peinabilidad, suavidad y brillo comparado con un shampoo con agentes acondicionadores.

-Objetivos particulares

*Conocer y seleccionar los ingredientes que debe llevar un shampoo, describir la función de los componentes presentes en la formulación.

*Evaluar el impacto de diferentes agentes acondicionadores en el desempeño del producto.

*Conocer y aplicar las pruebas fisicoquímicas que se deben realizar a un shampoo, determinar su estabilidad y establecer las especificaciones del producto.

* Evaluar el desempeño del shampoo con ayuda de un panel entrenado por medio de la evaluación sensorial, aplicar métodos estadísticos para saber si existe diferencia significativa entre el producto desarrollado y un Benchmark.

2.2 Hipotesis

Proponiendo como:

- ✓ H_0 : No existe diferencia significativa en los parámetros evaluados del producto formulado contra el Benchmark con un nivel de confianza del 95%
- ✓ H_a : Existe diferencia significativa en los parámetros evaluados del producto formulado contra el Benchmark con un nivel de confianza del 95%

Al conocer los ingredientes involucrados en la formulación de un shampoo se espera que la adición de los agentes acondicionadores a la formulación presente un mejor desempeño que el producto con el cual se está comparando (Benchmark) presentado una diferencia significativa en los parámetros evaluados con un nivel de confianza del 95%.

2.3 Especificación del producto

Shampoo blanco perlado con aroma característico. Viscosidad entre 8 000 – 12 000 cP y pH entre 5.5 y 6.5. Que muestre un desempeño en espuma, peinabilidad, suavidad y brillo semejante o superior al Benchmark.

2.4 Materiales

2.4.1 Material de laboratorio

- ✓ Vaso de precipitado de 500 mL
- ✓ Vaso de precipitado de 100 mL
- ✓ Vidrio de reloj
- ✓ Espátula
- ✓ Charolas de plástico
- ✓ Pipeta de 1 mL
- ✓ Cronómetro
- ✓ Espátula
- ✓ Mechas decoloradas (Dark Brown bleachd 2 XW/ISP Bleaching Protocol 2.5 gms, 8" net, 1" wide w/Hot melt)
- ✓ Probeta de vidrio 500 mL
- ✓ Matraz aforado 100 mL
- ✓ Piseta de agua

2.4.2 Equipo de laboratorio

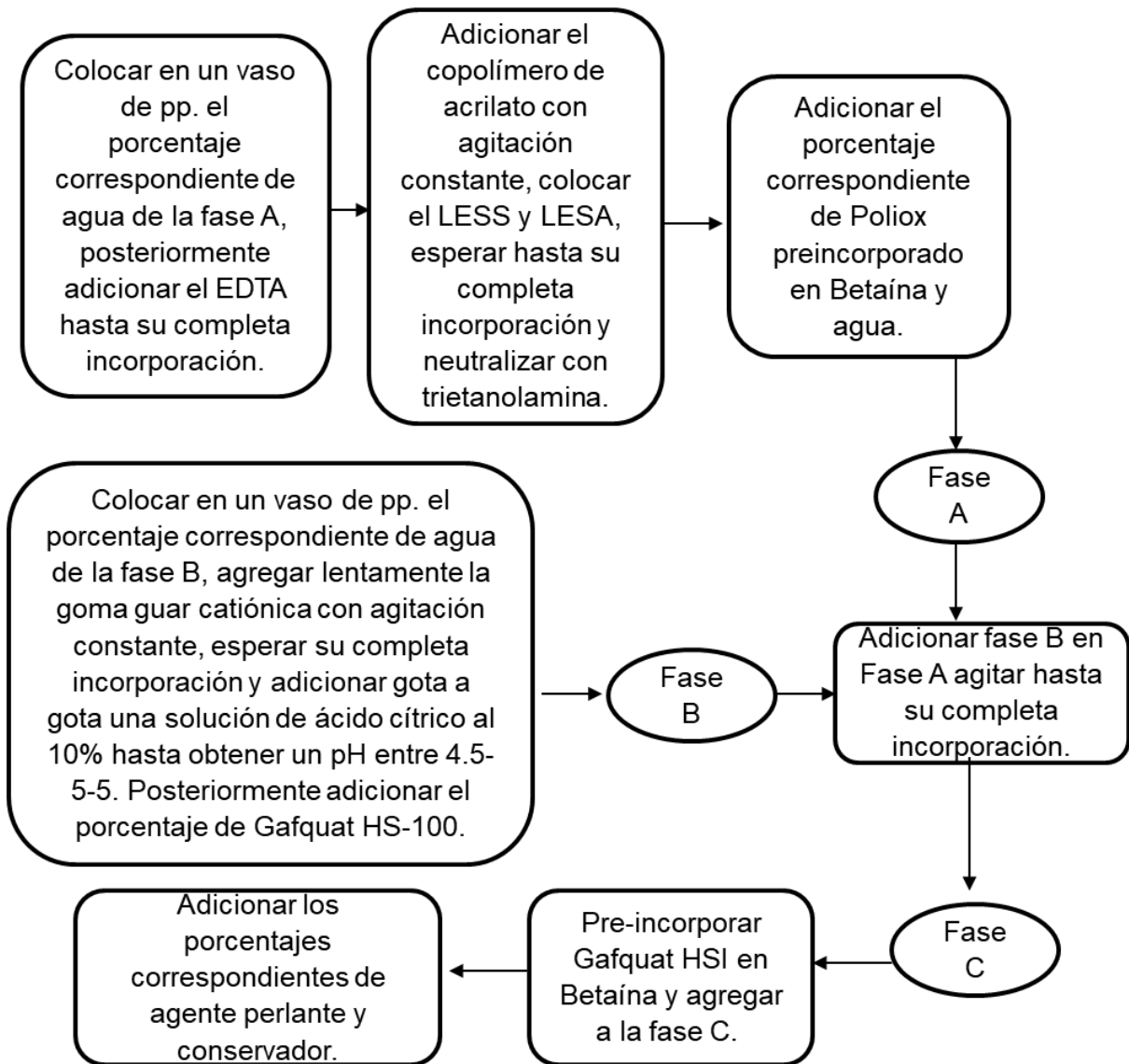
- ✓ Agitador mecánico con propela de hélice de acero inoxidable
- ✓ Viscosímetro Brookfield DV-I
- ✓ Potenciómetro (Potenciómetro (Conductronic PH120)
- ✓ Balanza analítica

2.4.3 Reactivos

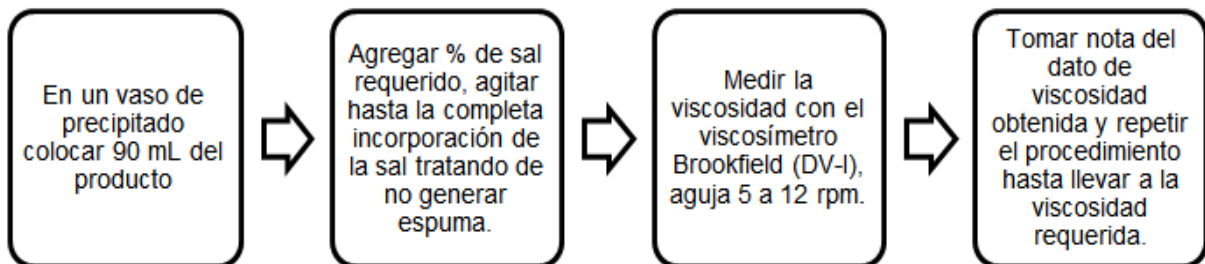
INGREDIENTE	
EDTA	Disodium EDTA (ácido etilendiaminotetraacético)
Agua	Aqua
Cocoamidopropilbetaína	Cocamidopropyl Betaine
Gafquat HSI™	Policuaternio 28 y dimeticona
Gafquat HS-100™	Policuaternio 28
N-Durhance A-1000™	Cloruro de poliacrilamidopropiltrimonio
N-Hance 3196™	Cloruro de Guar Hidroxipropiltrimonio
LESS	Lauril éter sulfato de sodio
LESA	Lauril éter sulfato de amonio
Liquid Germall Plus™	Propilenglicol, Diazonidil Urea y Iodopropnil butilcarbamato
Surfathix N™	Copolímero de acrilato, ACP
Lumini System™	Glicerina/Cloruro Hidroxietilcetearamidopropildimonio; Behenyl Alcohol; Alcohol cetearílico/ Policuaternio 55/ Ciclopentasiloxano; Dimeticonol/ Cetearth-20

2.5 PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

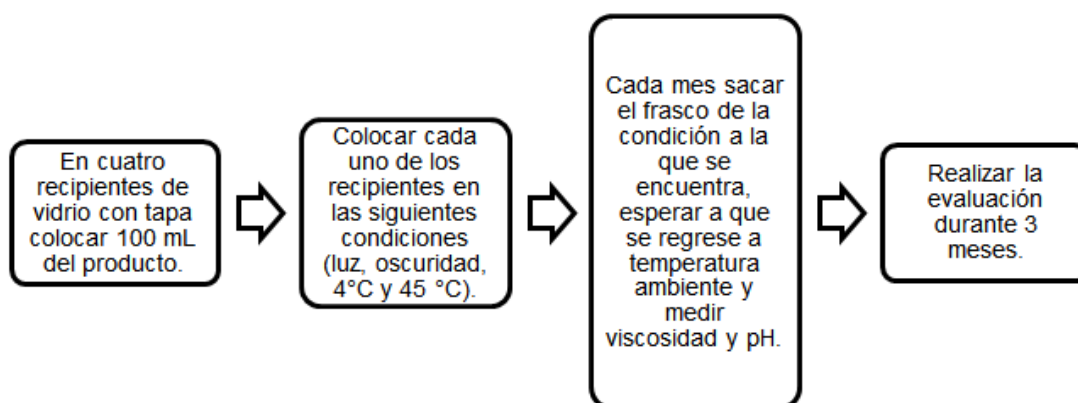
2.5.1 Formulación shampoo



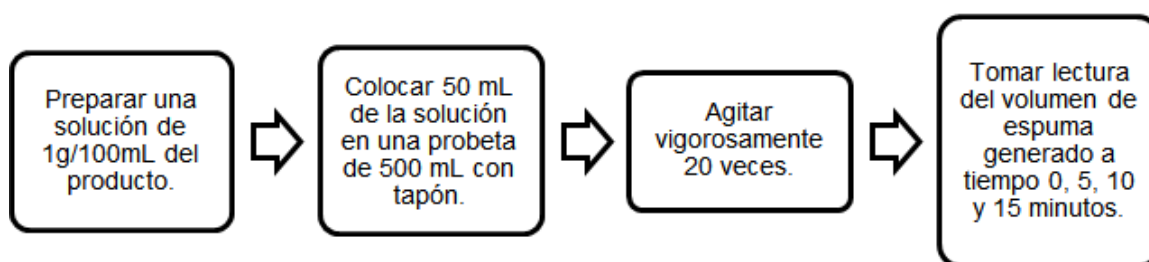
2.5.2 Ajuste y medición de la viscosidad, y medición de pH.



2.5.3 Evaluación de estabilidad de la formulación



2.5.4 Evaluación de espuma



2.5.5 PREPARACIÓN DEL PANEL DE EVALUACIÓN SENSORIAL

Para realizar la evaluación sensorial de shampoo fue necesario entrenar al panel que haría las evaluaciones posteriores. Se utilizó una escala estándar de 1 al 5 siendo 5 la calificación preferente, para dicha escala se utilizaron los siguientes compuestos en los porcentajes que se muestran en la tabla, este estudio se realizó en ciego.

Tabla 1. Escala para la evaluación de los parámetros de desempeño en seco y húmedo (Desenredamiento, Peinabilidad y Suavidad).

1	2	3	4	5
3 Lavadas con solución de LESS al 10%	1 Lavada con solución de LESS al 10%	Agua N-Hance 3196	Agua N-HANCE 3196 Gafquat HS-100	Agua Gafquat HSI N-Hance SP-100

Tabla 2. Escala para la evaluación de brillo

1	2	3	4	5
Solución de Caolín al 8%	Solución de Caolín al 2%	Solución de Caolín al 1%	Solución de Caolín al 0.1%	SiTec PTM 1000 al 1%

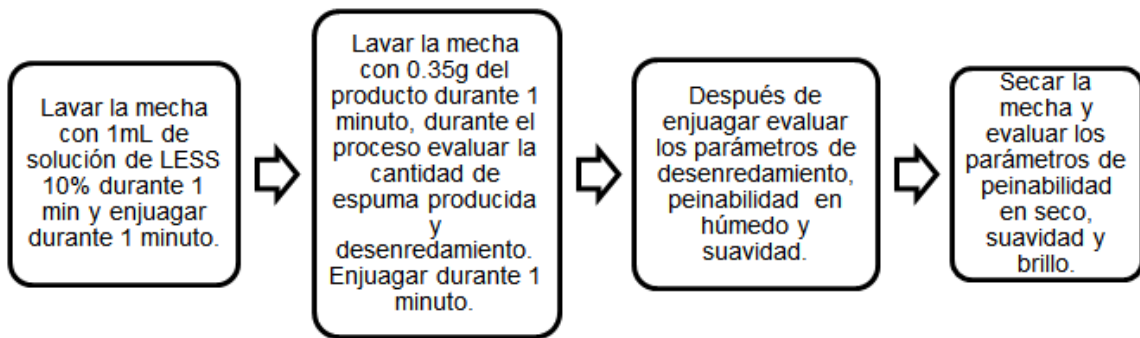
Para poder llevar a cabo el entrenamiento de las panelistas que serían clave en la evaluación sensorial de este producto se empleó una escala estándar para que las jueces pudieran reconocer las características de desempeño que presentaban cada una de las mechas de acuerdo a la escala que se presenta en las tablas anteriores y con ello poder evaluar el desempeño del producto.

Entrenamiento de los jueces:

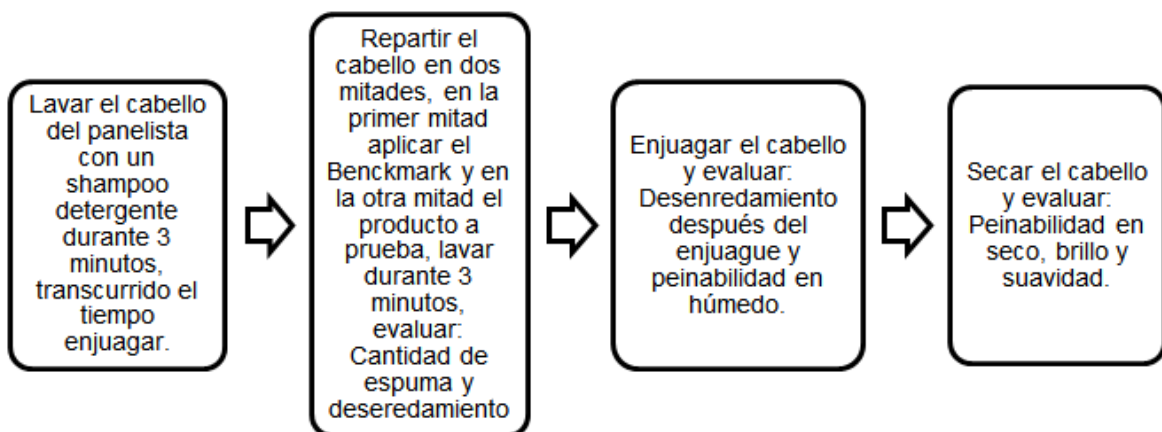
1. Se realizó una prueba en ciego en donde se presentaban las mechas al juez, este las tocaba y observaba sus características estaban ordenadas del 1-5.
2. Posteriormente se colocaban las 5 mechas en desorden y se pedía al juez que acomodara las mechas de acuerdo a la escala de 1-5.
3. Se le indicaba si lo había realizado de la manera correcta y si tenía errores se le mostraba cuales eran para posteriormente tenerlos en cuenta en las próximas prácticas.
4. Este procedimiento se realizó 5 veces para cada una de las jueces en distintos días. Solo se les mostro la escala el primer día, los días siguientes ellas tenían que conocer las características de cada una de las mechas para poderla acomodar en forma correcta.
5. Con el transcurso de los días para las jueces era más fácil poder identificar cuáles eran las características de cada una de las mechas de acuerdo a la escala establecidas.
6. Gracias al procedimiento anterior se pudieron realizar las evaluaciones de desempeño que para las formulaciones desarrolladas y el Benchmark, teniendo de esta manera una evaluación un poco más homogénea.

Con el entrenamiento de los jueces se espera que las calificaciones obtenidas para el desempeño de cada una de las formulaciones sean parecidas entre cada uno de los jueces. Ya que de alguna manera la escala se estandarizó para que fuera un poco más objetiva.

2.5.5.1 Evaluación subjetiva en mechas



2.5.5.2 Evaluación en Salon Test



III. RESULTADOS EXPERIMENTALES

Después de obtener las formulaciones propuestas, se tomaron como finalistas sólo 5 de ellas ya que fueron las que presentaron mejores resultados en cuanto a desempeño, a continuación, se mostrarán todos los resultados obtenidos de cada una de ellas y finalmente se mostrarán los resultados de la fórmula que presentó mejor desempeño (Formula 3'z).

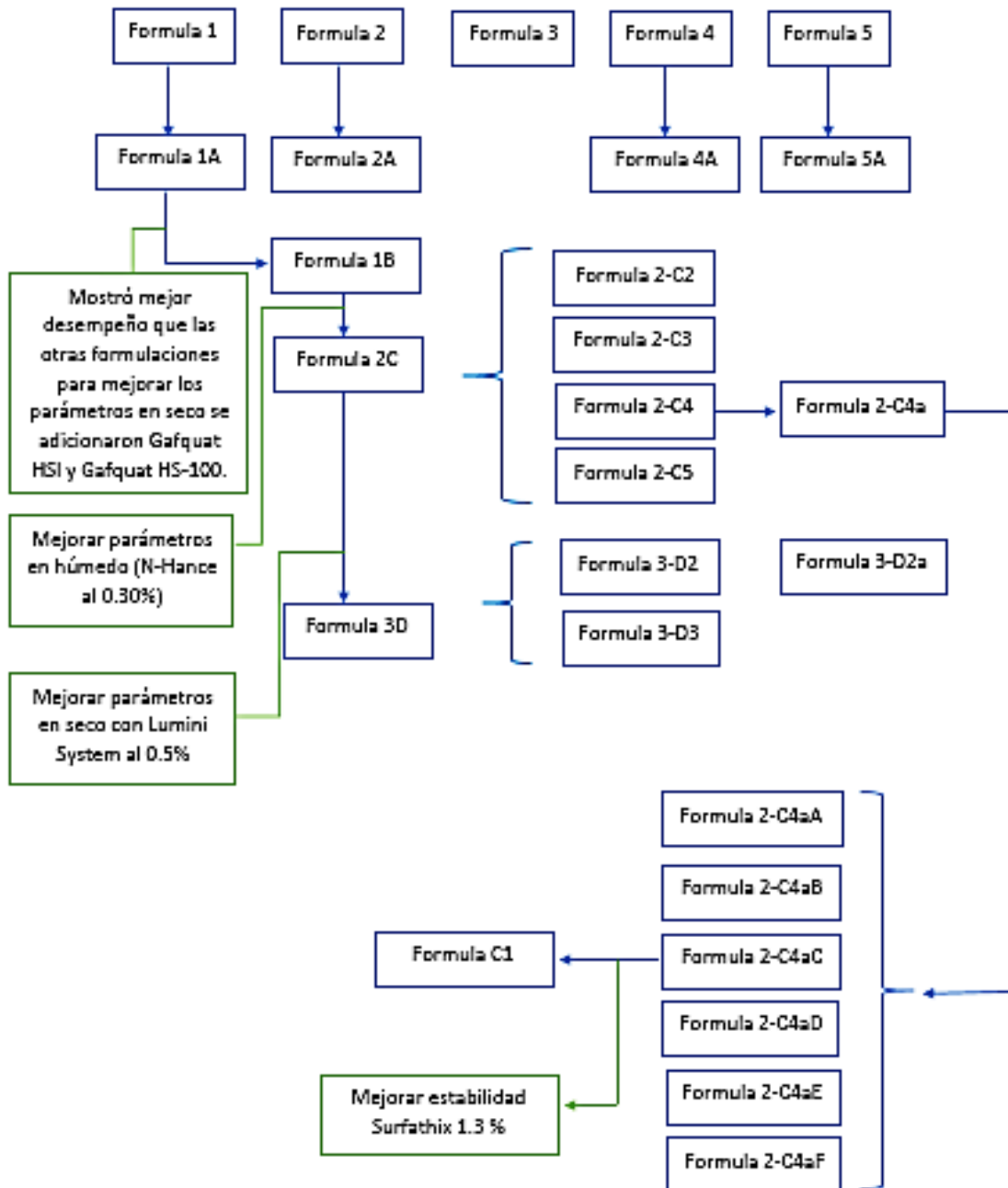


Figura 1. Diagrama de las formulaciones obtenidas experimentalmente.

En el diagrama 1 se observan todas las formulaciones que se obtuvieron a lo largo de este proyecto. De la Fórmula 1 a 1A se adiciono 0.2% de Policuaturnio 28 para mejorar los parámetros en húmedo. De la formulación 4 a 4A se aumentó 0.05% de Cloruro de Guar Hidroxipropiltrimonio para mejorar parámetros en húmedo. En el anexo B se observar los resultados de desempeño obtenidos para cada una de estas formulaciones. De las formulaciones mencionadas anteriormente la formulación 1A presento mejores resultados de desempeño, sin embargo, fue necesario adicionar 0.5% de policuaturnio 28 y dimeticona para mejorar los parámetros en seco (Formula 1B). Para mejorar aún más los parámetros en húmedo de la formulación 1B se adiciona 0.05% de Cloruro de Guar Hidroxipropiltrimonio con lo cual se obtuvo la Formulación 2C. Posteriormente a la formulación 2C se le adiciono 0.5% de Glicerina/Cloruro Hidroxietilcetearamidopropildimonio; Behenyl Alcohol; Alcohol cetearílico/ Policuaturnio 55/ Ciclopentasiloxano; Dimeticonol/ Cetearth-20 para mejorar los parámetros en seco. Los resultados de las evaluaciones de las formulaciones 1B, 2C y 3D se muestran en la figura 1 del Anexo C. De la formulación 3D se obtuvo la formulación 3-D2 y 3-D3 esta última contenida 0.15 % adicional de Cloruro de poliacrilamidopropiltrimonio para mejorar parámetros tanto en húmedo como en seco. De la formulación 3-D2 se obtuvo la formulación 3-D2a que a diferencia de la formulación 3-D2 contenía 0.3% más de Policuaturnio 28 para mejorar parámetros en húmedo. Pero estas formulaciones no presentaron mejores desempeños que la formula 2C por tal motivo esta formulación fue tomada como base para las formulaciones 2-C2, 2-C3, 2-C4 y 2-C5. En la formulación 2-C4a se adicionó 0.02% de Cloruro de Guar Hidroxipropiltrimonio, posteriormente esta nueva formulación se utilizó como base para las formulas 2-C4aA, 2-C4aB, 2-C4aC, 2-C4aD, 2-C4aE y 2-C4aF en estas últimas se realizaron variaciones en los porcentajes de Policuaturnio 28 y Policuaturnio 28 con dimeticona los resultados se observan en las figuras 1, 2 y 3 del Anexo C. La fórmula 2-C4aC obtuvo mejores resultados de evaluaciones solo que fue necesario adiciona 1.3% de polímero de acrilato para mejorar la estabilidad del producto y tener como resultado la formula final (Formula C1). Los porcentajes de cada una de las formulaciones mencionada anteriormente se pueden observar en el Anexo E.

3.1 Parámetros fisicoquímicos (Viscosidad, pH)

Parámetros fisicoquímicos obtenidos para las 5 mejores formulaciones obtenidas durante el desarrollo del proyecto:

Tabla 1. Parámetros fisicoquímicos de las formulaciones finalistas.

Formula*	Viscosidad (cP)**	pH***
1B	10 560	5.60
2C	9 933	4.86
3D	10 030	4.79
C1	10 400	6.29
F-3'z	9 466	6.62

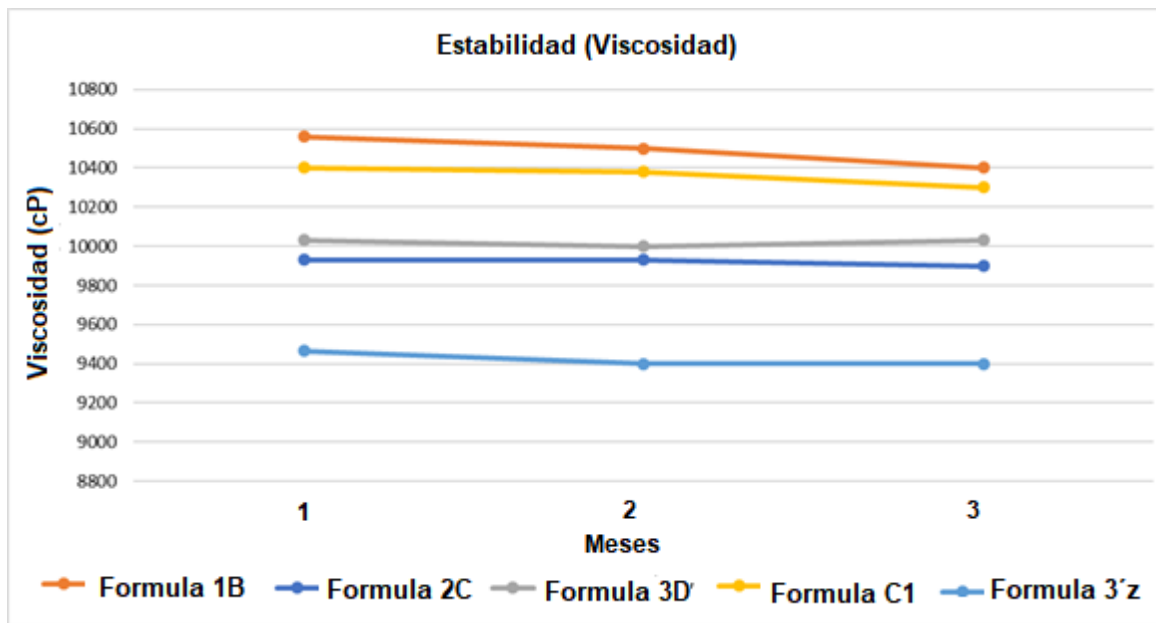
*Ingredientes de la formulación (Ver Anexo E), **Aguja 5, 12 rpm. (Viscosímetro tipo Brockfield DV-I) a 25 °C, *** Potenciómetro (Conductronic PH120)

La viscosidad es uno de los parámetros fisicoquímicos que siempre se debe evaluar en la formulación de un shampoo. Es necesario tener un valor adecuado de viscosidad por el tipo de envase a utilizar, la facilidad de aplicación y que la apariencia sea agradable para el consumidor. Se determinó mantener la viscosidad en un rango entre los 8 000 y 12 000 cP que es el rango en el cual se manejan las viscosidades de la mayoría de los shampoos comerciales (Tabla 1, Anexo A).

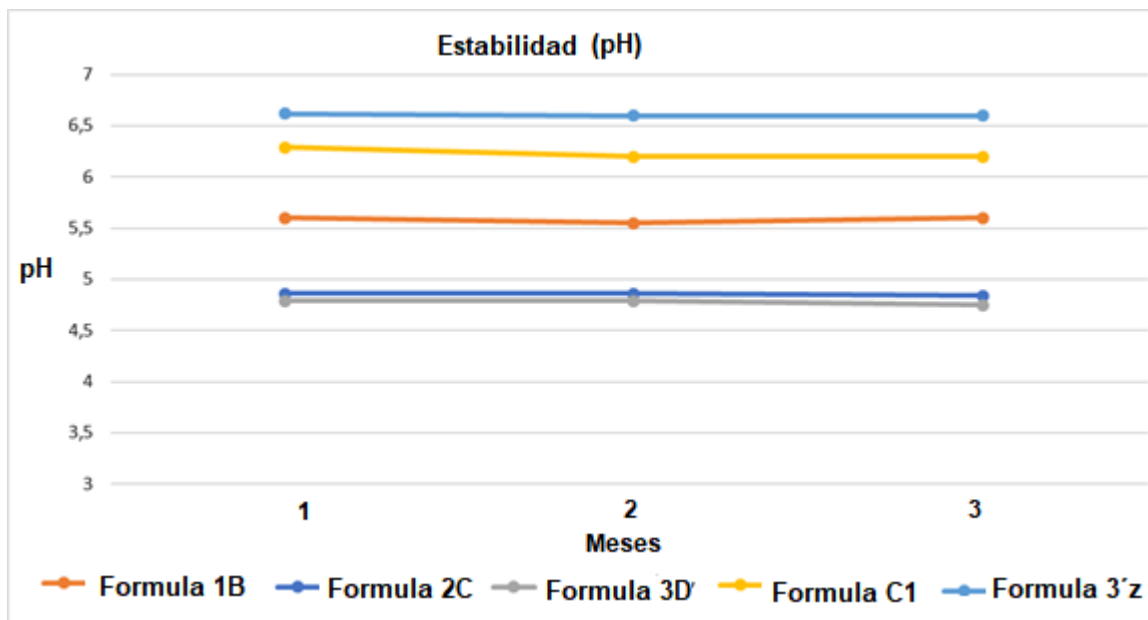
Como podemos observar en la tabla 1 las 5 formulaciones se encuentran dentro de este intervalo, así que cumplen con lo propuesto.

En cuanto al pH se manejó un intervalo entre 5.5-6.5 ya que con esta formulación buscamos tener una buena detergencia sin afectar la cutícula del cabello y en este intervalo de pH sabemos que la estructura química de la queratina no se está alterando de acuerdo al valor de su punto isoeléctrico, podemos observar en la tabla 1 que las últimas dos formulaciones presentan un pH por arriba de 6, debido a la adición del modificador reológico, el cual debe ser neutralizado para que pueda llevar a cabo su función. Aun con este pH podemos tener un buen desempeño ya que principalmente lo mantenemos a ese pH para realizar el proceso de detergencia sin dañar la cutícula.

3.2 Estabilidad



Gráfica 1. Resultados obtenidos de viscosidad durante la evaluación de la estabilidad, evaluado durante 3 meses a temperatura ambiente.



Gráfica 2. Resultados obtenidos de pH durante la evaluación de la estabilidad, evaluado durante 3 meses.

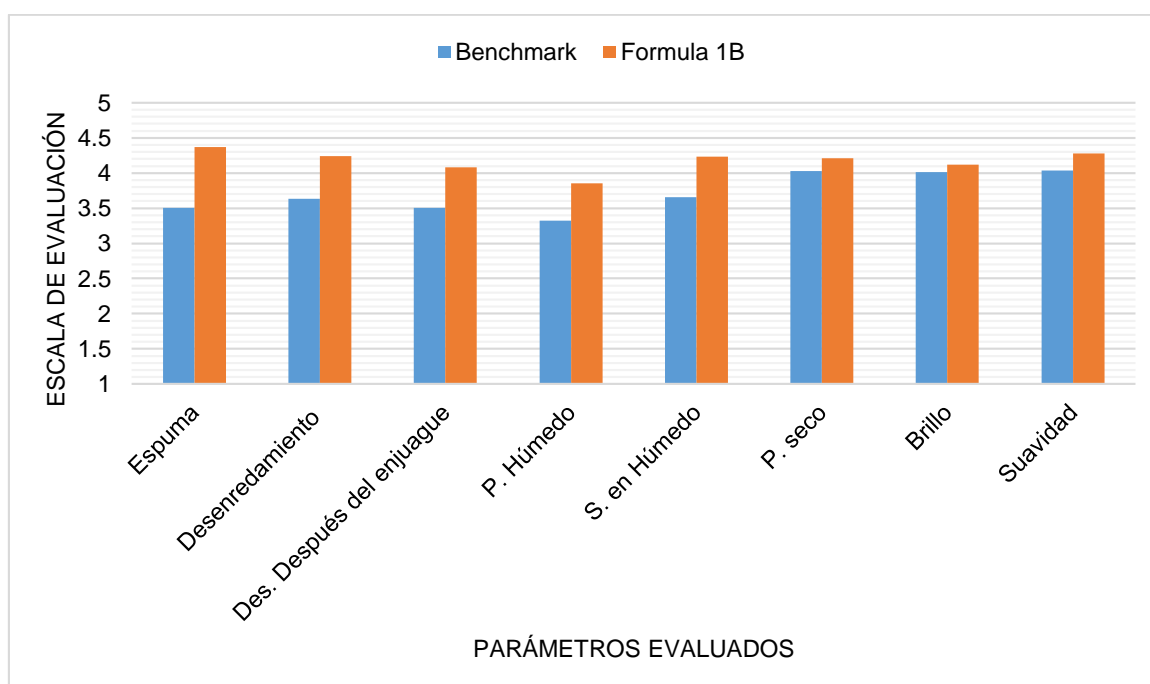
En las gráficas 1 y 2 se observa que las características que presentaron las 5 formulaciones se mantuvieron durante el periodo de estudio.

Aunque las formulaciones mantuvieron sus parámetros fisicoquímicos (Tabla 2, Anexo A) podemos observar que tanto la formulación 1B, 2C y 3D presentaron inestabilidad a los 45°C, ya que se observó un precipitado en el recipiente que lo contenía. Por tal motivo se decidió agregar un modificador reológico el cual ayudaría a mantener suspendidas las materias primas que pudieran estar quedándose en el fondo del recipiente.

Dicho modificador reológico se trata de Copolímero de acrilato (Surfathix N), este polímero de acrilato necesita ser neutralizado debido a que en su composición los grupos de ácido acrílico están esparcidos uniformemente a lo largo de la cadena. Al ser neutralizado se convierte en poliacrilato de sodio extendiendo la cadena y con ello aumentando la viscosidad. Por tal motivo las formulaciones C1 Y F-3'z presentan un pH más alto.

3.3 Resultados obtenidos en la evaluación del desempeño de las formulaciones finales.

Ya que la formulación 1A mostró mejor desempeño que las demás formulaciones (Ver anexo A), se adicionó a la formulación 0.5% de Policuaternio 28 y dimeticona (Gafquat HSI) para mejorar los parámetros de desenredamiento después del enjuague, brillo y suavidad en seco, teniendo como resultado final la formulación 1B.



Gráfica 3 . Resultados de la evaluación subjetivas en mechas, formulacion 1B.

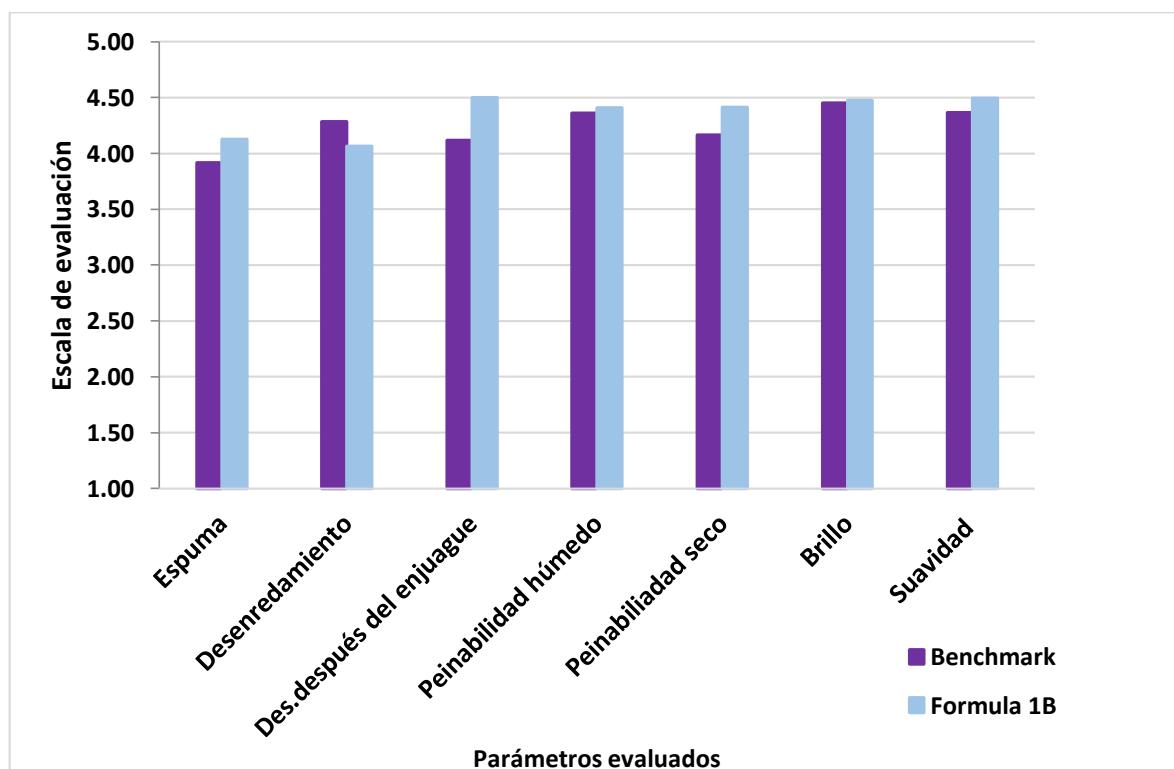
En la Gráfica 3 se muestran los resultados obtenidos de la evaluación en mechas, como podemos observar los resultados de la Formula 1B son mejores que los obtenidos por el Benchmark, al adicionarle el 0.5% de Policuaternio 28 y dimeticona (Gafquat HSI) podemos ver que si se vio mejorado el desenredamiento después del enjuague pero tanto los parámetros de peinabilidad en seco, brillo y suavidad se observan muy similares al Benchmark.

Tabla 2. Resultados prueba T-student. Benchmark vs Fórmula 1B, evaluación subjetiva en mechas.

	Espuma	Desenredamiento	Des. Después del enjuague	P. Húmedo	Suavidad en húmedo	P.seco	Brillo	Suavidad
Media Benchmark	3,5077	3,6308	3,5077	3,3231	3,6538	4,0308	4,0154	4,0385
Media Prototipo 1B	4,3692	4,2385	4,0846	3,8538	4,2308	4,2077	4,1154	4,2769
P(T<=t) dos colas	0,0060	0,0154	0,0119	0,1077	0,0049	0,4900	0,7087	0,1855

Al realizar en análisis estadístico de estos resultados podemos observar que en los parámetros de peinabilidad en húmedo, peinabilidad en seco, brillo y suavidad no existe diferencia significativa entre ambos productos. Ya que p valor es mayor que el valor de α , por lo tanto se acepta H_0 .

Con la formulacion 1B se realizaron evaluaciones en Salon Test y los resultados se muestran en la Gráfica 4.



Gráfica 4. Resultados de la evaluación en Salon Test, formulacion 1B.

Tabla 3. Resultados prueba T-student. Benchmark vs Fórmula 1B, evaluación en Salon Test.

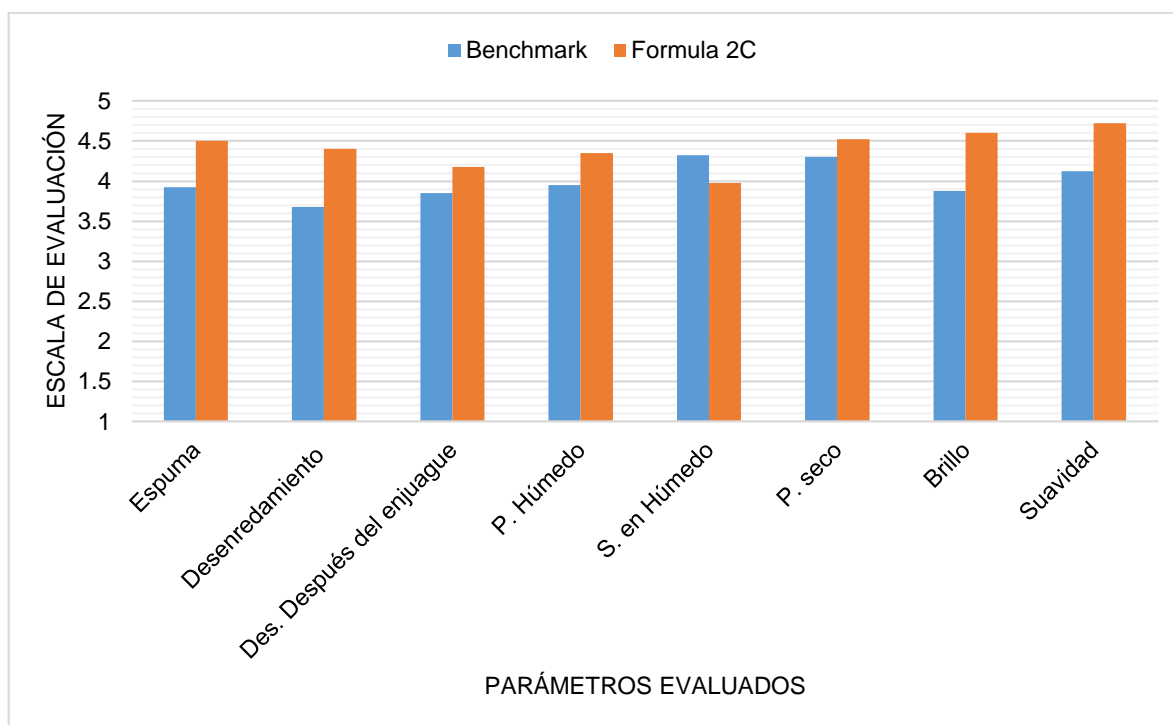
	Espuma	Desenredamiento	Des. Después del enjuague	P. Húmedo	P.seco	Brillo	Suavidad
Media Benchmark	3,917	4,283	4,117	4,361	4,167	4,450	4,367
Media Prototipo 1B	4,125	4,067	4,433	4,339	4,406	4,472	4,494
P(T<=t) dos colas	0,458	0,408	0,012	0,865	0,060	0,866	0,328

De acuerdo a los resultados obtenidos en la prueba estadística T-student que se muestran en la tabla 3 el único parámetro en el cual existe diferencia significativa entre ambas muestras en el desenredamiento después del enjuague por lo tanto Rechazo Ho, es importante recalcar que la evaluación en salon test nos da una percepción mejor del desempeño del producto ya que podemos evaluar en una misma persona ambos productos, el desempeño va a ser diferente dependiendo del tipo , largo y daño que tenga el cabello. Al adicionar el 0.5% de Policuaturnio 28 y dimeticona (Gafquat HSI) a la formulación, se esperaba que presentará mejores resultados en cuanto a desempeño ya que al ser un compuesto catiónico este podría ser sustantivo al cabello y darle un mejor sensorial. Por otra parte este compuesto ayuda en los parámetros en seco ya que al contener una silicona la cual se adsorbe en la cutícula, otorgándole brillo y suavidad, aunque en este caso no fue así, como sabemos es muy importante considerar las condiciones en las cuales se encuentra la estructura de la cutícula, y al tener panelista que no presentan las mismas condiciones de cabello los resultados son variados.

Para poder mejorar el desempeño en los demás parámetros se aumentó el porcentaje de goma guar cuaternizada de 0.25% a 0.3%.

Ya que la formulación 1B presentó una inestabilidad en las condiciones de 45°C se optó por utilizar un modificador reológico llamado SurfaThix N el cual es un polímero de acrilatos dependiente de pH el cual se pensaba nos ayudaría a mantener el producto con una buena estabilidad en estas condiciones.

La formulación 2C es el resultado de las modificaciones mencionadas anteriormente, de igual manera se realizó una evaluación subjetiva en mechas y los resultados fueron los siguientes.



Gráfica 5. Resultados de la evaluación subjetivas en mechas, formulacion 2C.

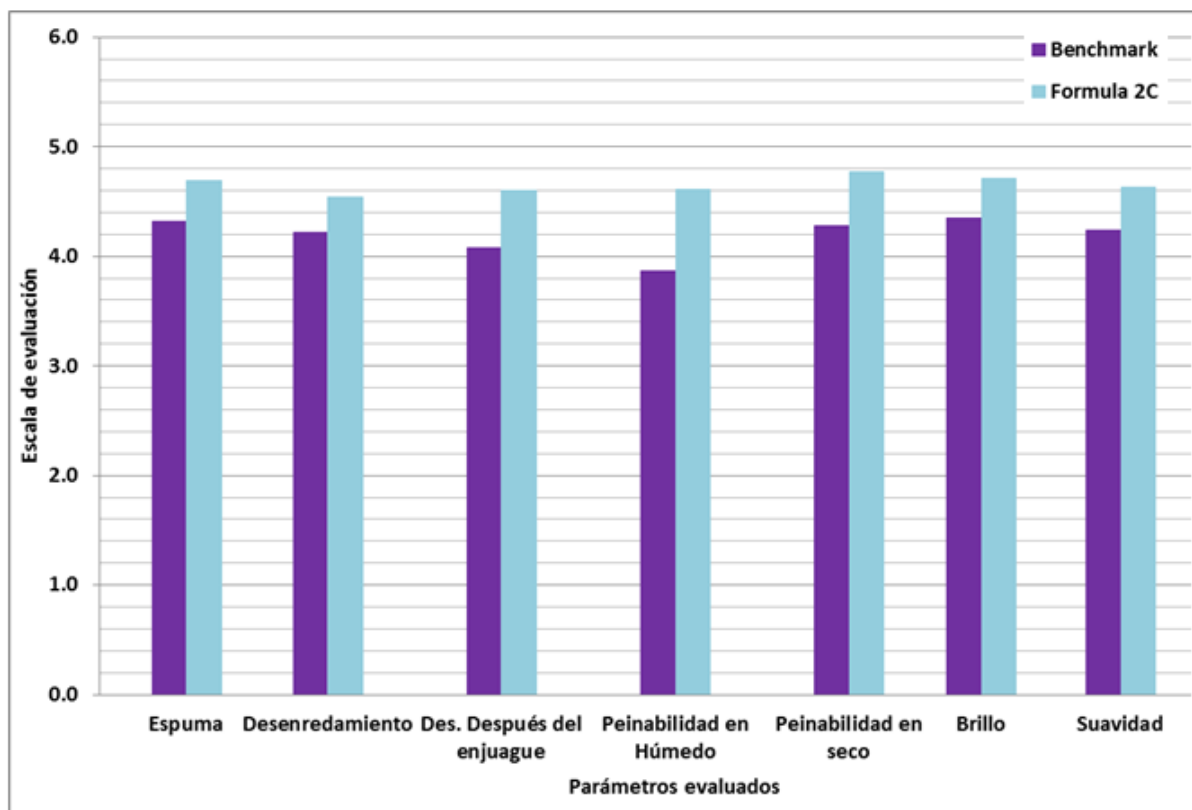
Tabla 4. Resultados prueba T-student. Benchmark vs Fórmula 2C, evaluación subjetiva en mechas.

	Espuma	Desenredamiento	Des. Después del enjuague	P. Húmedo	Suavidad en húmedo	P.seco	Brillo	Suavidad
Media Benchmark	3,925	3,675	3,850	3,950	4,325	4,300	3,875	4,125
Media Prototipo 2C	4,500	4,400	4,175	4,350	3,975	4,525	4,600	4,725
P(T<t) dos colas	0,234	0,079	0,474	0,283	0,142	0,222	0,077	0,108

Como podemos observar la formulación 2C presenta mejores calificaciones en los parámetros comparada con el Benchmark. Dicha formulación se decidió evaluarla en Salon Test esperando tener los mismos resultados.

Como podemos observar tanto en la figura 5 como en la tabla 4 los valores obtenidos de la formulación 2C son mejores que los que presentó el Benchmark, solo existe un parámetro en el cual difiere que es la suavidad en húmedo. Como se puede observar en el figura 5 la gráfica muestra mejores resultados del prototipo 2C, al realizar el análisis estadístico en ninguno de los parámetros se encontró diferencia significativa ya que el valor-p es mayor que el valores de significancia que es de 0.05. Aunque la evaluación en mechas es de gran ayuda para conocer el desempeño de un producto en este caso no se encontró un resultado estadístico alentador para esta formulación, sin embargo se decidió probarla en Salon Test

porque aunque no presentara la diferencia significativa se pueden observar buenos resultados en las gráficas.



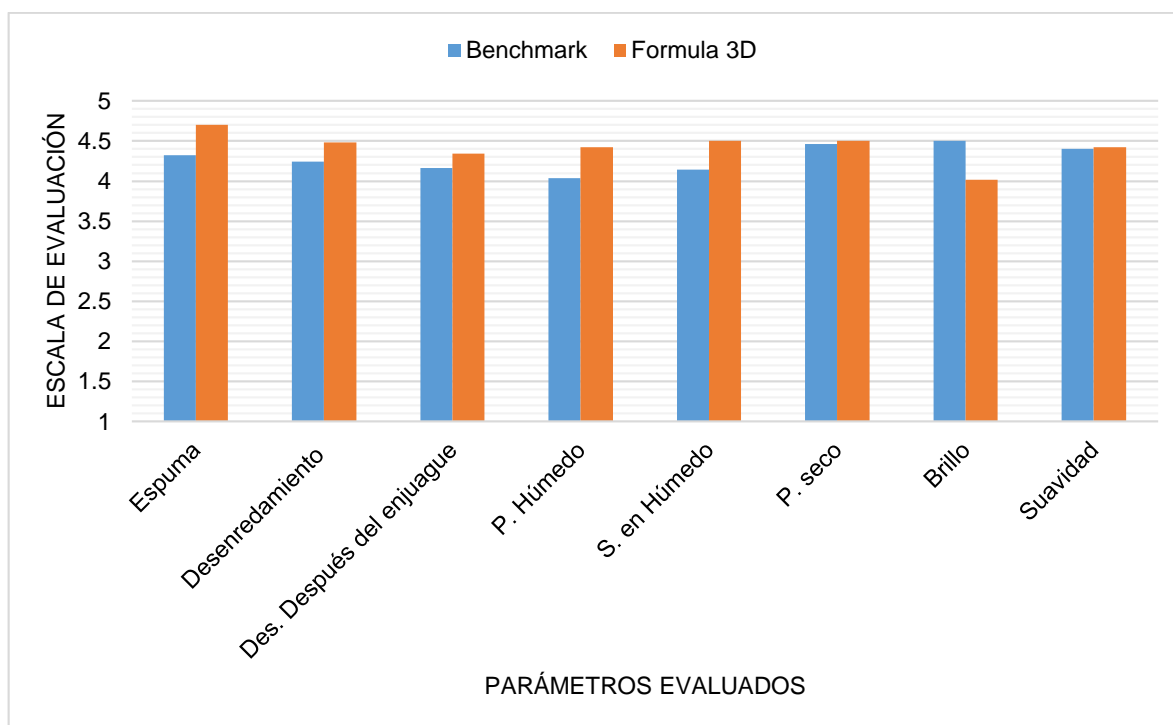
Gráfica 6. Resultados de la evaluación en Salon Test, formulación 2C.

Tabla 5. Resultados prueba T-student. Benchmark vs Fórmula 2C, evaluación en Salon Test.

	Espuma	Desenredamiento	Des. Después del enjuague	P. Húmedo	P.seco	Brillo	Suavidad
Media Benchmark	4,320	4,220	4,080	3,870	4,282	4,373	4,236
Media Prototipo 2C	4,690	4,540	4,600	4,610	4,773	4,709	4,627
P(T<=t) dos colas	0,109	0,185	0,001	0,000	0,002	0,053	0,008

Como podemos observar la formulación 2C sigue presentando mejores resultados comparadas con el Benchmark, pero los parámetros de brillo y suavidad están muy cercanos, por tanto, a esa formulación se le agregaron 0.5% de Glicerina/Cloruro Hidroxietilcetearamidopropildimonio; Behenyl Alcohol; Alcohol cetearílico/ Policuaternio 55/ Ciclopentasiloxano; Dimeticonol/ Cetearth-20 (Lumini system) el cual es un sistema funcional el cual proporciona protección al color, brillo, textura e hidratación de alta duración, obteniendo la formula 3D la cual se evaluó en mechchas.

Obteniendo la formula 3D la cual se evaluó en mechchas, los resultados fueron los siguientes:



Gráfica 7. Resultados de la evaluación subjetiva en mechas, formulación 3D.

Tabla 6 . Resultados prueba T-student. Benchmark vs Fórmula 3D, evaluación subjetiva en mechas.

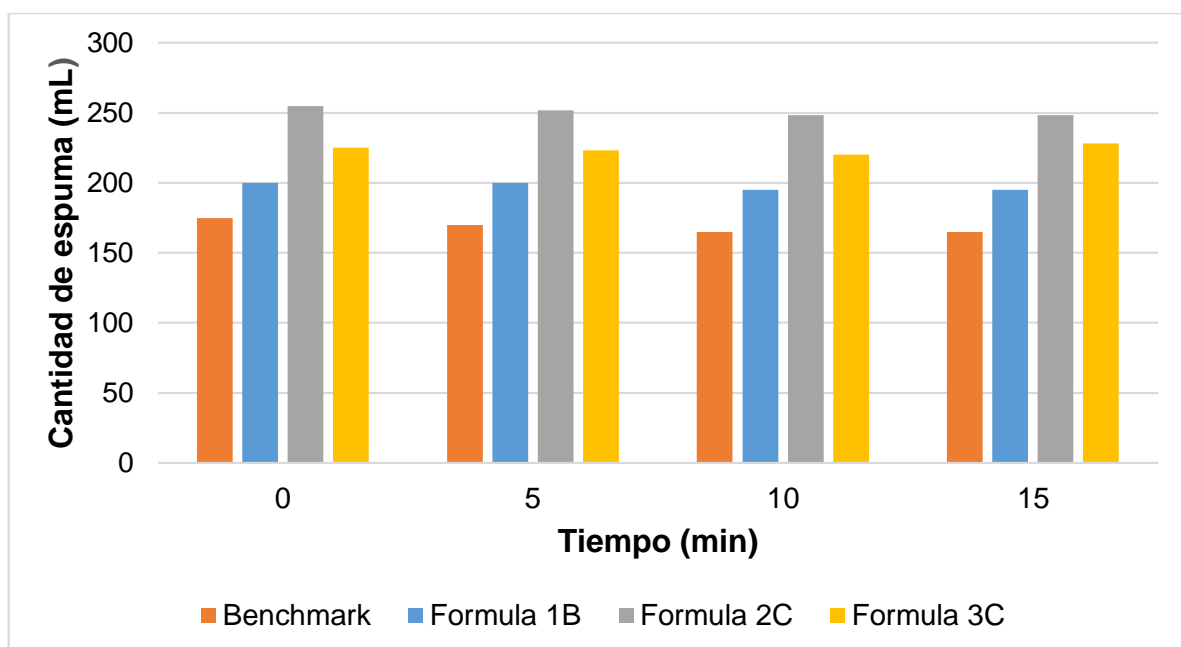
	Espuma	Desenredamiento	Des. Después del enjuague	P. Húmedo	Suavidad en húmedo	P.seco	Brillo	Suavidad
Media Benchmark	4,320	4,240	4,160	4,040	4,140	4,460	4,500	4,400
Media Prototipo 3D	4,700	4,480	4,340	4,420	4,500	4,500	4,020	4,420
P(T<=t) dos colas	0,092	0,336	0,427	0,025	0,093	0,805	0,097	0,937

Como podemos observar en la Gráfica 7, los parámetros en húmedo del prototipo parecen ser mejores a los que se obtuvieron con el Benchmark pero de acuerdo a lo que se observa en la tabla 6 solo existe diferencia significativa en el parámetro de peinabilidad en húmedo, este resultado no es alentador ya que con las formulaciones anteriores (1B y 2C) se observaron mejores resultados. Y esta formulación además de contener una mayor cantidad de agentes acondicionadores presentaría un costo mayor y por tanto esto no sería rentable ya que no está presentando los resultados esperados. Cabe mencionar que tanto la formulación 1B, 2C y 3D contienen Cloruro de poliacrilamidopropiltrimonio (N-Durhance A-1000) el cual es un polímero altamente catiónico que ayuda a la fibra capilar a recobrar las características de un cabello virgen. Este polímero forma flóculos al entrar en contacto con trazas de tensoactivos aniónicos presentes en el cabello, dando como resultado la formación de un film que le devuelve al cabello su hidrofobicidad.

Mencionado lo anterior y sabiendo que es un polímero altamente catiónico este pudo llevar a la inestabilidad de las tres formulaciones, ya que como principal tensoactivo se utilizó Lauril Éter Sulfato de Sodio con el cual puede estar interaccionando y llevando a la deposición de dicho agente acondicionador.

Para poder compensar o no ver alterador los parámetros al prescindir de este compuesto se realizaron 6 formulaciones variando los porcentajes de los otros agentes acondicionadores Gafquat HSI y Gafquat HS-100 (Ver ANEXO C).

Como se mencionó anteriormente la cantidad de espuma que produce un shampoo es un parámetro muy importante, ya que el consumidor cree que entre mayor espuma forme el producto mejor será la detergencia aunque no en todos los casos es cierto. Para cada una de las formulaciones se evaluó el volumen de espuma producida:

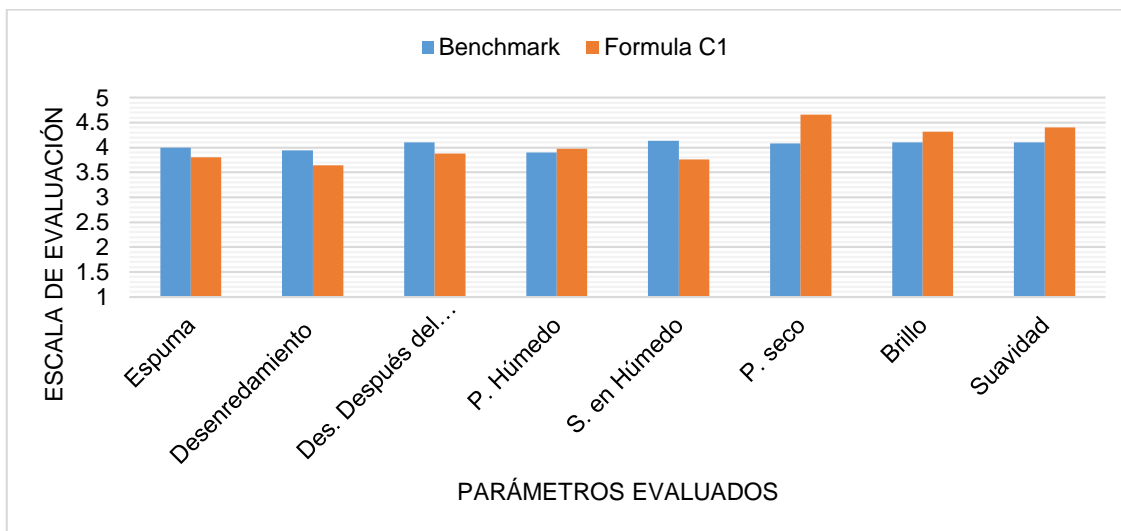


Gráfica 8. Resultados obtenidos de la cantidad de espuma producida por las formulaciones 1B, 2C y 3D vs el Benchmark.

Los resultados obtenidos en la evaluación de espuma en todos los casos son mejores que los obtenidos por el Benchmark, esto debido a que tenemos un tensoactivo aniónico en mayor porcentaje dentro de la formulación.

Después de manejar distintos porcentajes de Policuaternio 28 y Policuaternio 28 y dimeticona (Anexo C) se llegó a la conclusión que la mejor combinación de estos

dos agentes acondicionadores fueron Policuaternio 28 al 1.3% y Policuaternio 28 y dimeticona al 0.5%

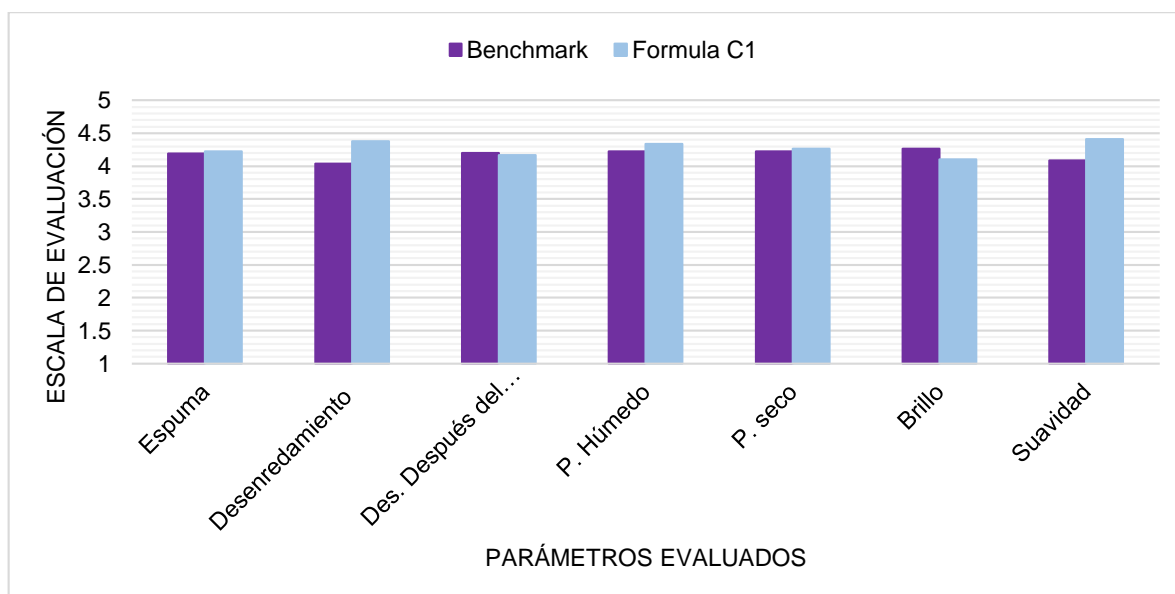


Gráfica 9. Resultados de la evaluación subjetiva en mechas, formulación C1.

Tabla 7. Resultados prueba T-student. Benchmark vs Fórmula C1, evaluación subjetiva en mechas.

	Espuma	Desenredamiento	Des. Después del enjuague	P. Húmedo	Suavidad en húmedo	P.seco	Brillo	Suavidad
Media Benchmark	4,000	3,940	4,100	3,900	4,140	4,080	4,100	4,100
Media Prototipo C1	3,800	3,640	3,880	3,740	3,760	4,660	4,320	4,400
P(T<t) dos colas	0,608	0,366	0,605	0,743	0,469	0,003	0,263	0,116

Para la formulación C1 en la evaluación en mechas no se obtuvieron resultados óptimos ya que el único parámetro que presenta diferencia significativa comparado contra el Benchmark es la peinabilidad en seco.



Gráfica 10. Resultados de la evaluación subjetiva en Salon test, formulación C1 vs Benchmark.

Tabla 8. Resultados prueba T-student. Benchmark vs Fórmula C1, evaluación en Salon Test.

	Espuma	Desenredamiento	Des. Después del enjuague	P. Húmedo	P.seco	Brillo	Suavidad
Media Benchmark	4,188	4,038	4,200	4,225	4,225	4,263	4,088
Media Prototipo C1	4,225	4,375	4,163	4,338	4,263	4,100	4,413
P(T<=t) dos colas	0,919	0,183	0,832	0,528	0,801	0,311	0,020

La fórmula C1 al presentar mejores resultados en cuanto a la evaluación se consideró la mejor fórmula, pero al cabo de un mes presentó inestabilidad a las condiciones de 45 grados. Por tal motivo se recurrió a realizar una metodología distinta en la elaboración del shampoo además de un aumento en el porcentaje de Copolímero de acrilato (Surfathix N) al 1.3% para evitar o bien retardar que el agente perlante (Genapol o Euperlan) sedimente, considerando los resultados mostrados en la Gráfica 10 a la formulación C1 se le disminuyó un 2% de LESS y el porcentaje de Cloruro de Guar Hidroxipropiltrimonio(N-Hance 3196) se aumentó al 0.37% para mejorar los parámetros en húmedo.

Como se mencionó anteriormente se realizaron distintas metodologías durante la elaboración del shampoo para saber si la inestabilidad que presentaba el producto de debía a la formulación o al proceso de fabricación, también se utilizaron 2 perlantes distintos para saber si estos estaban ocasionando dicho problema. A continuación, se muestran metodologías seguidas para la fabricación del shampoo:

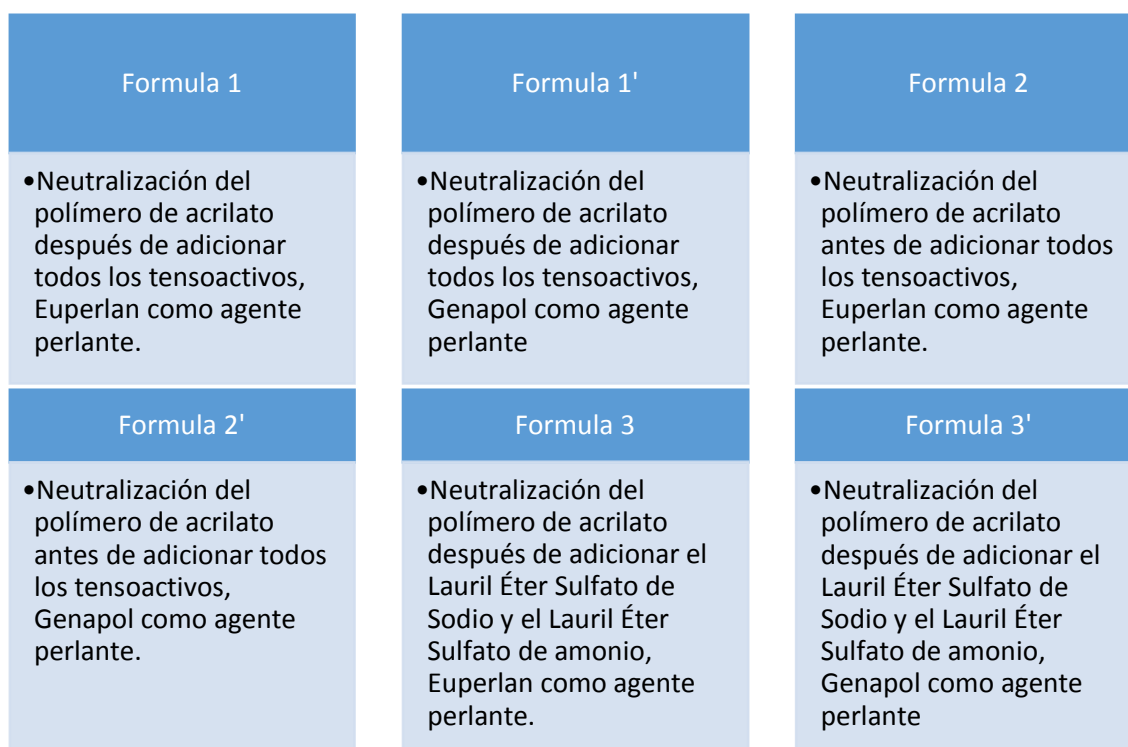
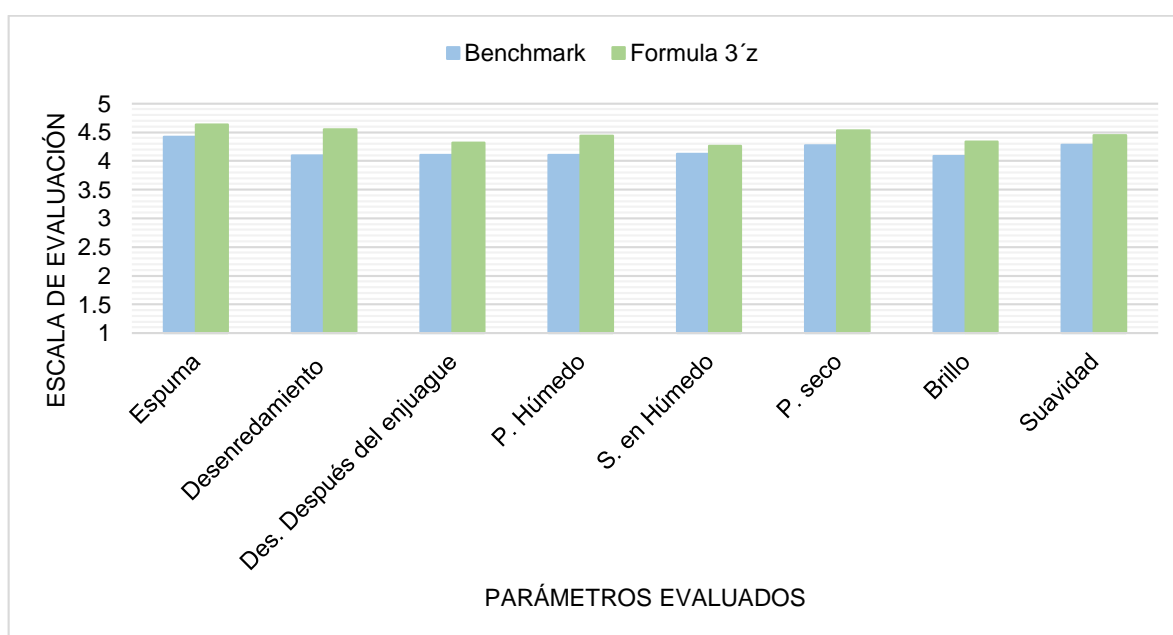


Figura 2. Procedimientos realizados para la formulación del shampoo.

Estos procedimientos sirvieron para determinar que formula 3' presentó mejores resultados en cuanto a estabilidad, la formulación 2' de igual manera se mantuvo estable, pero por menos tiempo por lo tanto se tomara el procedimiento seguido en la fórmula 3' y se utilizará Genapol como perlante, ya que, si esta formulación permaneció más tiempo estable, más adelante esto nos servirá para poner almacenar dicho producto por más tiempo. El hecho de neutralizar el polímero de acrilato después de adicionar el Lauril Éter Sulfato de Sodio y el Lauril Éter Sulfato de amonio puede estar ayudando que durante la extensión de la cadena polimérica del modificador reológico, estos tensoactivos se acomoden de tal manera que no interfieran con la estabilidad del polímero y por tanto le sea posible mantener suspendidos a los demás ingredientes.

Con las modificaciones mencionadas anteriormente sobre la disminución del 2% de Lauril Éter Sulfato de Sodio, el aumento del Cloruro de Guar Hidroxipropiltrimonio (N-Hance 3196) al 0.37%, el cambio de perlante y la mejor metodología, tenemos como resultado la formulación F-3'z y en cuanto a la evaluación se obtuvo lo siguiente:

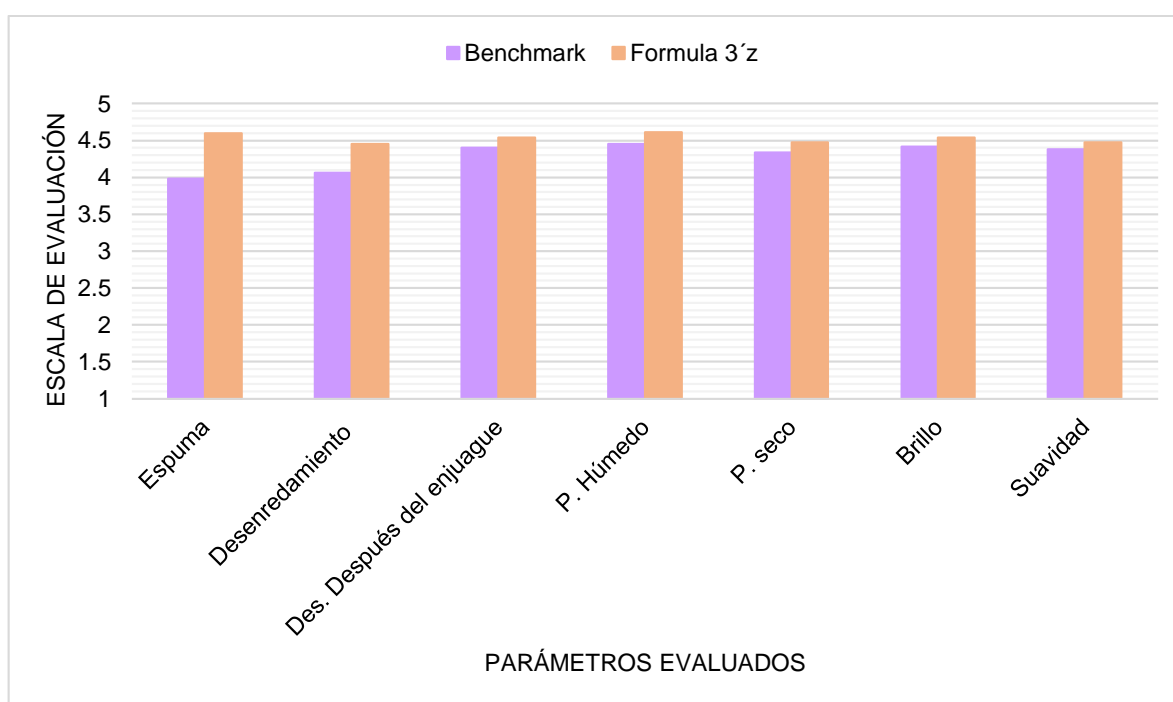


Gráfica 11. Resultados de la evaluación subjetiva en mechas, formulación 3'z.

Tabla 9. Resultados prueba T-student. Benchmark vs Fórmula F-3'z, evaluación subjetiva en mechas.

	Espuma	Desenredamiento	Des. Después del enjuague	P. Húmedo	Suavidad en húmedo	P.seco	Brillo	Suavidad
Media Benchmark	4,1467	4,1000	4,1067	4,1067	4,1200	4,2733	4,0867	4,2800
Media Prototipo F-3'z	4,6333	4,5533	4,3200	4,4400	4,2667	4,5333	4,3333	4,4467
P(T<t) dos colas	0,0034	0,0005	0,1151	0,0159	0,2343	0,0077	0,0041	0,2233

Como se puede observar en la Gráfica 11 esta formulación presenta mejores resultados que los del Benchmark y que acuerdo a la tabla 9 existe diferencia significativa entre la mayoría de los parámetros, por tanto, se procedió a evaluar dicha formulación en Salon Test.



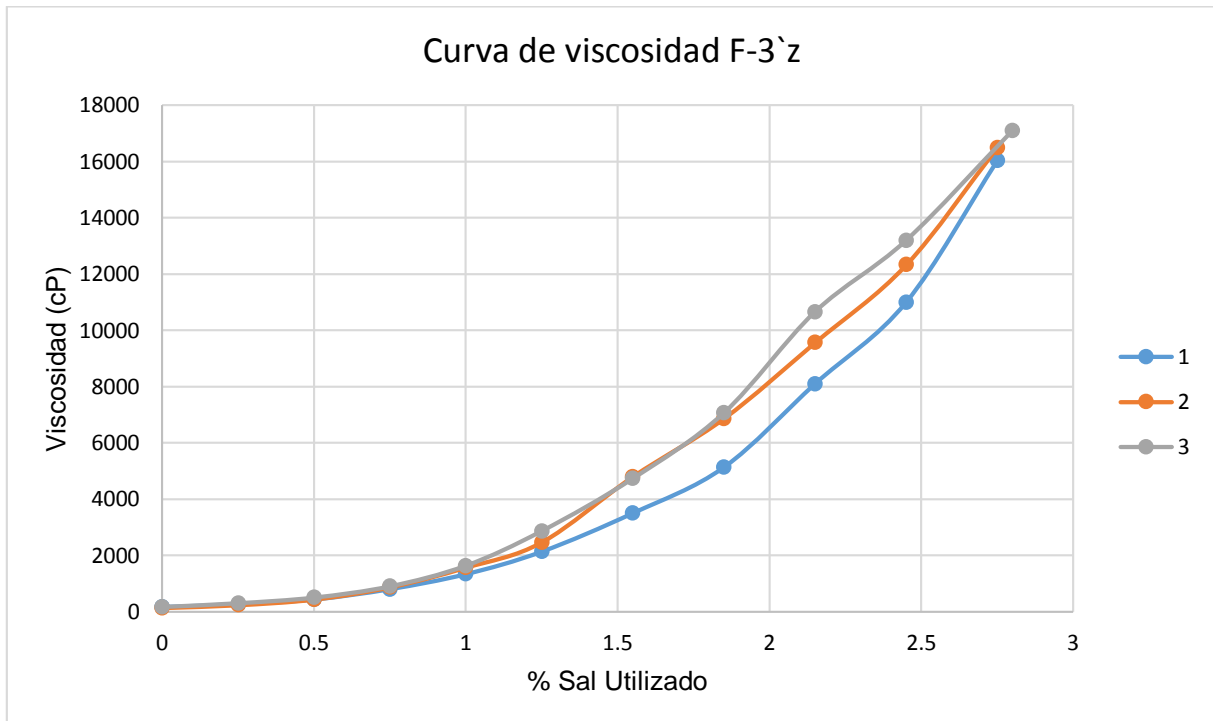
Gráfica 12. Resultados de la evaluación subjetiva en Salon test, formulación F-3'z vs Benchmark.

Tabla 10. Resultados prueba T-student. Benchmark vs Fórmula F-3'z, evaluación en Salon Test.

	Espuma	Desenredamiento	Des. Después del enjuague	P. Húmedo	P.seco	Brillo	Suavidad
Media Benchmark	3,984	4,063	4,405	4,453	4,339	4,417	4,383
Media Prototipo F-3'z	4,595	4,453	4,542	4,611	4,478	4,539	4,472
P(T<=t) dos colas	0,030	0,031	0,322	0,220	0,202	0,212	0,445

En la Gráfica 12 se observa que las calificaciones obtenidas por el prototipo con mejores que las que presenta el Benchmark, aunque dichos valores son muy cercanos. De acuerdo con los resultados de la T-student presentado en la tabla 10 sólo existe diferencia significativa entre dos parámetros, pero es muy importante recordar que las evaluaciones en Salon Test se realizan en diferentes panelistas las

cuales presenta distintos tipos de cabello por tal motivo no se puede considerar que las evaluaciones son homogéneas, para este caso se decidió a esta formulación como la formulación ganadora ya que a diferencia de las formulaciones analizadas anteriormente está presente un desempeño muy bueno en comparación con el Benchmark durante la evaluación en mechas.



Gráfica 13. Viscosidades obtenidas durante la elaboración de la formulación F-3'z por triplicado.

Ya que se obtuvo la formula ganadora el siguiente paso fue realizar el procedimiento de elaboración del shampoo por triplicado para poder saber si dicha formulación era reproducible y como se observa en la Gráfica 13, las viscosidades obtenidas para los 3 procesos son muy similares.

IV. CONCLUSIONES

En este proyecto se pudo llevar a cabo el desarrollo de una formulación de shampoo que mostro un desempeño semejante al Benchmark con el que fue comparado.

Para que la formulación pudiera presentar un mejor desempeño fue muy importante conocer los ingredientes que se utilizaron y los porcentajes a los cuales fueron empleados.

Se entrenó a un panel de jueces lo cual nos permito para conocer el desempeño de las formulaciones realizadas por medio de la evaluación sensorial tanto en mechas estandarizadas como en Salon Test.

Para poder saber si los datos que se obtuvieron fueron validos se aplicaron pruebas T-Student, lo cual ayudo a conocer el comportamiento de los datos y con ello saber el desempeño de las formulaciones. En este caso se propuso lo siguiente:

- ✓ H_0 : No existe diferencia significativa en los parámetros evaluados con un nivel de confianza del 95%
- ✓ H_a : Existe diferencia significativa en los parámetros evaluados con un nivel de confianza del 95%

Al realizar un análisis estadístico se obtuvo que la fórmula F-3'z es la que presenta un desempeño semejante al producto de mercado en todos los parámetros evaluados en mechas estandarizadas y salon test.

V. REFERENCIAS

- Albanese Jhosep, The value of salon testing, Spray Technology & Marketing, May 2005.
- Arila Barjas, Martha. Pabón, Mauricio. “Estudio de la estabilidad y propiedades fisicoquímicas presentes en emulsiones cosméticas de champú con vitamina E y gel fijador”. Tesis Licenciatura. Universidad industrial de Santander. 2008.
- AENOR (2010). Asociación Española de Normalización y Certificación. AENOR N.A. 71.970. “Análisis Sensorial”. España.
- Badía Villa, María Amparo, García Miranda Enriqueta. “Cosmetología aplicada a la estética decorativa”. Paraninfo. Pág. 32-33.
- Bharat Bhushan, Biophysics of human hair (Biological and Medical Physics, Biomedical Engineering), Springer, Londres, 2010.
- BIRD, R. B, STEWART, E. N, LIGHTFOOT, “Fenómenos De Transporte”. Ed. Reverte, 1998.
- Font, Elisabeth. “El uso de los champúes, *Tipos de cabello y tratamientos específicos*”. Vol. 24. Núm. 10. Novimienbre 2005.
- Gonzalez Barrera, Cesar. “Mojabilidad: medición del ángulo de contacto por el método de gota cautiva”. Tesis licenciatura. México. 2014.
- Gracia Fadrique, Jesús. “¿Qué es la espuma?”. Revista digital universitaria. Vol. 15. No.5. 1 de Mayo de 2014.
- Grub, H. 1997. Análisis sensorial en chicos. H&R Contact, 3:3-6
- Henderson, Joshua. “Introducción al Estudio de Espumas”. Facultad de Química, UNAM. Laboratorio Unificado de Fisicoquímica.
- Hernández, A. “Evaluación Sensorial de Productos Agroalimentarios”. México: Acribia. 2007.
- Hop, Vollrath. “Fundamentos de tecnología química”. Reverté. Barcelona. 2005.
- Memoria Estadística CANIPEC, Cuidado personal y cuidado del hogar. 2013. Obtenido de <http://www.canipepec.org.mx/woo/xtras/presentacionme2013.pdf>
- Ashland Care Specialties Formulating consumer desirable cleasing products.
- Ashland. Conditioneze NT-20 cationic solution. Conditioning additive for shampoo. 2013.

- Ashland. N-Durhance A-1000 conditioning polymer. The enduring solution for repair and conditioning in hair care. 2013.
- Tensión Superficial
<http://fsz.ifas.ufl.edu/surfacetensionandcapillarity/html/angulos.htm>, Enero 2017
- Michael S. Showell. "Handbook of detergents" Part: D formulation. Taylor & Francis Group. Volumen 128. Pag. 2-3. U.S. 2006.
- <http://www.hablandodeciencia.com/articulos/2012/04/13/tensioactivos-tension-superficial/>. Marzo 2017.
- http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/legis/lgs/LEY_GENERAL_DE_SALUD.pdf. Febrero 2017.
- http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5269348&fecha=19/09/2012. Norma Oficial Mexicana NOM-141-SSA1/SCFI-2012, Etiquetado para productos cosméticos peenvasados, Etiquetado sanitario y comercial. Marzo 2017.
- Robbins, R. "Clarence. Chemical and Physical Behavior of Human Hair". Springer. USA. Pág. 25-28. 2012.
- Scali-Sheahan, M. "Estandar de Milady Barbero Profesional". 5ta Edición Cengage Learning. Nueva York, 2011.
- Toral Ma. Teresa, "*Fisicoquímica de Superficies y Sistemas Dispersos*", URMO, 1ª Edición en español, Bilbao 1973. Facultad de Química.
- Villa Guevara, Rafael. "Proceso de desarrollo y formulación de detergentes". Tesis licenciatura. México. 2013.
- Wilkinson, J. B., Moore, R. J. "Cosmetología de Harry". Ediciones Díaz de Santos.
- <http://www.schwarzkopf-professional.es/skp/es/es/home/educacion/ask/essential-skills/0614/cual-es-el-ph-del-cabello-y-del-cuero-cabelludo.html#id426374523> (Agosto, 2017).
- Draelos ZD. "Shampoos, conditioners, and camouflage techniques". 2 de Octubre 2012.
- <http://toni-imagenpersonal.blogspot.mx/2010/07/la-queratina.html> (Octubre 2017).
- <http://www.fullquimica.com/2012/06/tipos-de-sistemas-dispersos.html> (Septiembre, 2017).

VI. ANEXOS

ANEXO A

Tabla 1. Viscosidades obtenidas de distintos shampoos comerciales

Shampoo	Viscosidad (cP)*
Savilé control caída (pula de Sábila y aguacate)	8 900
BioExpert Restauración	11 500
Savilé aceite de argán (Brillo y Suavidad)	9200
Elvive arginina (Revitalizante)	10 200

*Aguja 5, 12 rpm. (Viscosímetro tipo Brockfield DV-I) a 25 °C,

Tabla 2. Parámetros fisicoquímicos obtenidos para cada una de las formulaciones realizadas y resultados de las estabilidades en los tres meses en las cuales se evaluaron:

Formula	Viscosidad (cP)*	pH	Estabilidad
1	11 960	5.3	X
2	13 860	5.3	X
3	5 600	5.45	✓
4	13 300	5.36	✓
5	12 130	5.42	✓
1A	9100	4.3	✓
2A	12 230	5.05	✓
4A	11 350	5.15	✓
5A	11 860	5.2	✓
1B	10 560	5.60	x
1B1	9 900	4.05	✓
1B2	11 130	4.65	✓
1B3	8 633	4.3	✓
2C	9 933	4.86	X
2C2	9 566	4.70	✓
2C3	9 366	6.34	✓
2C4	10 900	6.08	✓
2C5	8 933	5.90	✓
3D	10 030	4.79	X
3D2	11 500	6.12	✓
3D3	8 800	6.18	✓
A	10 130	6.57	X

B	9 000	6.53	X
C	8 833	6.87	X
D	9 166	6.63	X
E	9 133	6.73	X
F	8 766	6.75	X
C1	10 400	6.29	X
F-3'z	9 466	6.62	✓
1	10 360	6.88	X
1'	10 560	6.82	X
2	10 530	6.77	X
2'	9 933	6.71	✓
3	10 960	6.56	X
3'	10 930	6.52	✓

*Aguja 5, 12 rpm.

✓ Las formulaciones se mantuvieron estables en las 4 condiciones evaluadas (Obscuridad, Luz, 4°C y 45°C)

X. Separación de fases en las formulaciones evaluadas a 45°C

ANEXO B

Procedimiento que se lleva a cabo para la evaluación en mechas:

1. Lavar la mecha decolorada (Dark Brown bleached 2 XW/ISP Bleaching Protocol 2.5 gms, 8" net, 1" wide w/Hot melt) con 1 mL de LESS al 10% por 1 minuto y enjuagar por 1 minuto.
2. Aplicar 0.35 g del shampoo, dar masaje por 1 minuto y enjuagar por 1 minuto.
3. Evaluar de acuerdo a la escala de evaluación subjetiva en mechas.

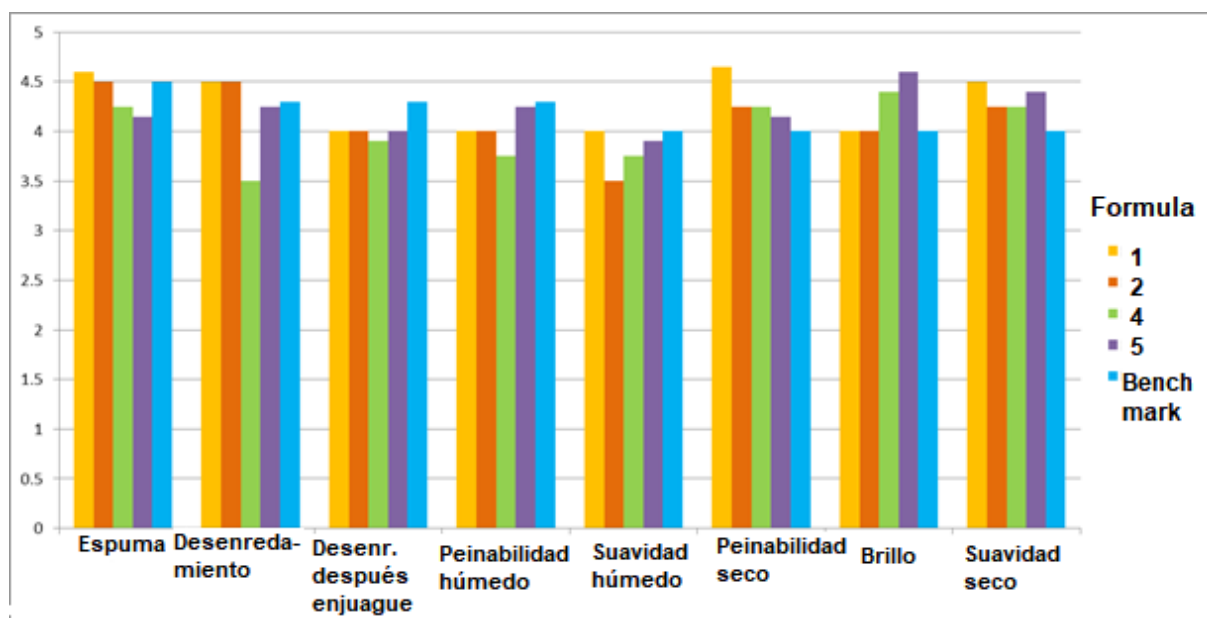


Figura 1. Resultados de la evaluación subjetiva en mechas, formulas 1,2,4, y 5.

En las formulaciones 1, 2 se utilizó N-Durhance A-1000 en un porcentaje de 0.15 como sabemos es una molécula altamente catiónica la cual al adherirse a la fibra del cabello y por la modificación del potencial Z es posible que proporcione mejores características de desempeño.

Por otra parte en las formulaciones 2 y 5 se utilizó un porcentaje de 0.5% de Policuaternio 28 y dimeticona (Gafquat HSI) que es un formador de película y además contiene una dimeticona la cual es compatible con los tensoactivos aniónicos, ayudando al mejoramiento de los parámetros en seco como peinabilidad en seco, brillo y suavidad.

En las formulaciones 1 y 4 se utilizó un agente acondicionante llamado Gafquat HS-100 en un porcentaje del 1%, el cual es formador de películas sobre el cabello que

resultan flexibles, es sustancial a superficies cargadas negativamente ya que presenta carga catiónica.

La variación de agentes acondicionadores en cada una de las formulas se realizó con el propósito de conocer el comportamiento de cada uno de estos compuestos dentro de la formulación y para poder observar cuales eran los beneficios en cuanto al desempeño del producto.

En la Figura 1 se observa que la formulación 1 presenta mejores resultados que los que presentan las formulaciones 2, 4 y 5. Si comparamos los resultados de la formulación 1 contra el Benchmark podemos observar que en cuanto a los parámetros de desenredamiento después del enjuague, peinabilidad en húmedo y suavidad en húmedo el Benchmark presenta mejores resultados que la formulación 1.

Tabla A. Resultados obtenidos de la evaluación en mechas. Benchmark vs Formula 1, promedios para cada uno de los parámetros evaluados.

	Espuma	Desenredamiento	Desenredamiento des. Del enjuague	P. Húmedo	Suavidad húmedo	P. seco	Brillo	Suavidad seco
Formula 1	4,6	4,5	4	4	4	4,7	4	4,5
Benchmark	4,5	4,3	4,3	4,3	4	4	4	4

Tabla B. Resultados obtenidos de la evaluación en mechas. Benchmark vs Formula 2, promedios para cada uno de los parámetros evaluados.

	Espuma	Desenredamiento	Desenredamiento des. Del enjuague	P. Húmedo	Suavidad húmedo	P. seco	Brillo	Suavidad seco
Formula 2	4,5	4,5	4	4	3,5	4,3	4	4,3
Benchmark	4,5	4,3	4,3	4,3	4	4	4	4

Tabla C. Resultados obtenidos de la evaluación en mechas. Benchmark vs Formula 4, promedios para cada uno de los parámetros evaluados.

	Espuma	Desenredamiento	Desenredamiento des. Del enjuague	P. Húmedo	Suavidad húmedo	P. seco	Brillo	Suavidad seco
Formula 4	4,3	3,5	3,9	3,8	3,8	4,3	4,4	4,3
Benchmark	4,5	4,3	4,3	4,3	4	4	4	4

Tabla D. Resultados obtenidos de la evaluación en mechas. Benchmark vs Formula 5, promedios para cada uno de los parámetros evaluados.

	Espuma	Desenredamiento	Desenredamiento des. Del enjuague	P. Húmedo	Suavidad húmedo	P. seco	Brillo	Suavidad seco
Formula 5	4,2	4,3	4	4,3	3,9	4,2	4,6	4,4
Benchmark	4,5	4,3	4,3	4,3	4	4	4	4

De acuerdo a las tablas B, C y D podemos observar que los promedios obtenidos para cada uno de los parámetros del Benchmark se encuentran por encima de los promedios de las formulaciones 2, 4 y 5 respectivamente, solo se puede ver una diferencia en los parámetros en seco (Peinabilidad en seco, brillo y suavidad) a diferencia de los resultados de la tabla A en donde se observa que la formulación 1 presenta mejores valores que el Benchmark es por ello que esta formula se utilizará como base para las siguientes formulaciones.

Como se mencionó anteriormente el parámetro de la espuma es muy importante en el desempeño de un shampoo es por ello que se realizan pruebas de espuma para conocer la cantidad de espuma que produce una formulación.

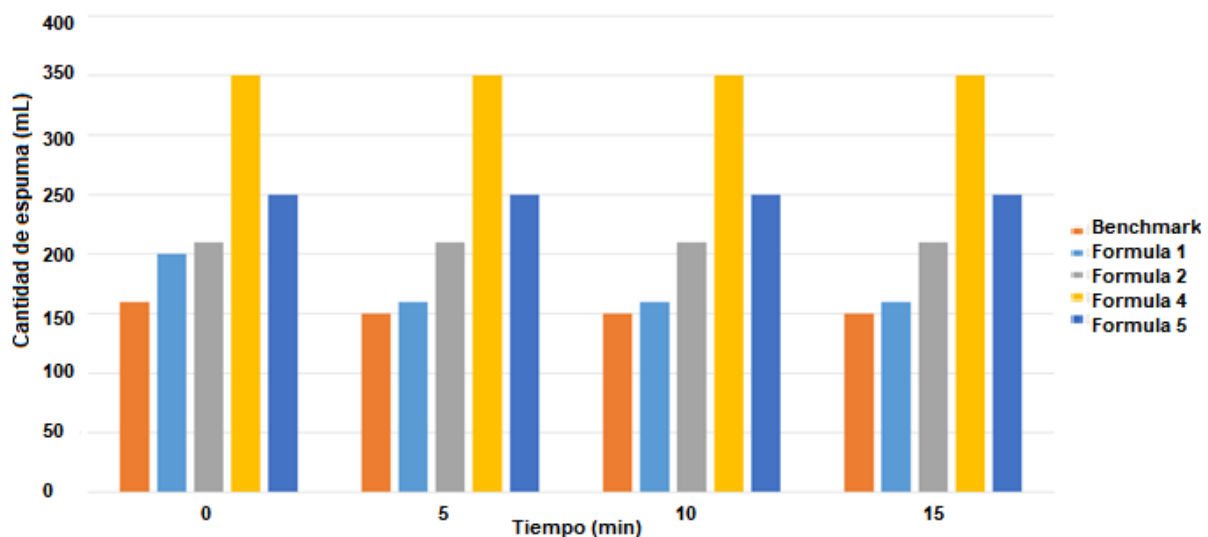


Figura 2. Resultados obtenidos de la prueba de espuma para las formulas 1, 2, 4 y 5 vs Benchmark.

Como se puede observar en la figura X los volúmenes de espuma obtenidos de las formulaciones 1, 2, 4 y 5 son mucho mejores que los que presenta el Benchmark, podemos ver que la mayor cantidad de espuma obtenida es por la formulación 4 pero como vimos anteriormente en los demás parámetros no es la formulación más óptima. Teniendo en cuenta que la formulación 1 presentó mejores resultados en cuanto a los parámetros de desdiseño y sigue teniendo un volumen mayor de espuma que el Benchmark esta sigue siendo la mejor formulación.

Como vimos en la formulación 1 los parámetros de desenredamiento después del enjuague y peinabilidad en húmedo se encontraban por debajo de los obtenidos con el Benchmark por tal motivo se agregó a la formula 0.2% de Policuaternio 28 (Gafquat

HS-100) a las siguientes formulaciones, se realizaron las evaluaciones correspondientes y el resultado fue el que se muestra en la figura 2.

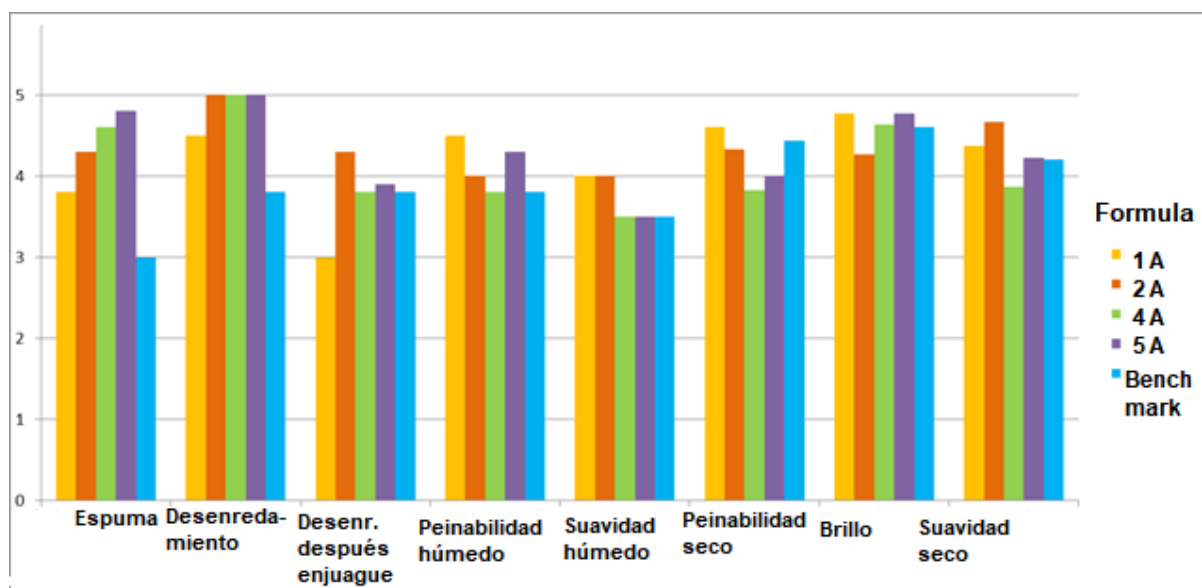


Figura 3 . Resultados de la evaluación subjetivas en mechas, formulas 1A,2A,4A, y 5A.

Tabla E. Resultados obtenidos de la evaluación en mechas. Benchmark vs Formula 1A, promedios para cada uno de los parámetros evaluados.

	Espuma	Desenredamiento	Desenredamiento des. Del enjuague	P. Húmedo	Suavidad húmedo	P. seco	Brillo	Suavidad seco
Formula 1A	3,8	4,5	3,0	4,5	4,0	4,6	4,8	4,4
Benchmark	3,0	3,8	3,8	3,8	3,5	4,3	4,6	4,2

Tabla F. Resultados obtenidos de la evaluación en mechas. Benchmark vs Formula 2A, promedios para cada uno de los parámetros evaluados.

	Espuma	Desenredamiento	Desenredamiento des. Del enjuague	P. Húmedo	Suavidad húmedo	P. seco	Brillo	Suavidad seco
Formula 2A	4,3	5,0	4,3	4,0	4,0	4,3	7,27	4,7
Benchmark	3,0	3,8	3,8	3,8	3,5	4,3	4,6	4,2

Tabla G. Resultados obtenidos de la evaluación en mechas. Benchmark vs Formula 4A, promedios para cada uno de los parámetros evaluados.

	Espuma	Desenredamiento	Desenredamiento des. Del enjuague	P. Húmedo	Suavidad húmedo	P. seco	Brillo	Suavidad seco
Formula 4A	4,6	5,0	3,8	3,8	3,5	3,8	4,63	3,87
Benchmark	3,0	3,8	3,8	3,8	3,5	4,3	4,6	4,2

Tabla H. Resultados obtenidos de la evaluación en mechas. Benchmark vs Formula 5A, promedios para cada uno de los parámetros evaluados.

	Espuma	Desenredamiento	Desenredamiento des. Del enjuague	P. Húmedo	Suavidad húmedo	P. seco	Brillo	Suavidad seco
Formula 5A	4,8	5,0	3,9	4,3	3,5	4,0	4,8	4,2
Benchmark	3,0	3,8	3,8	3,8	3,5	4,3	4,6	4,2

Para obtener un mejor desempeño de la formulación 1 se agregó 0.2% más de Policuaturnio 28 (Gafquat HS-100). Para las formulaciones 4A y 5A se aumentó del porcentaje de Cloruro de Guar Hidroxipropiltrimonio de 0.25% a 0.3% esperando que con estos cambios se observe un mejoramiento en el desempeño de los parámetros en húmedo.

Como podemos observar en la figura 2 y en la tabla E los promedios obtenidos para los parámetros evaluados de la formulación 1A mostro un mejor desempeño que las demás formulaciones, solo en el parámetro de desenredamiento después del enjuague se encuentra por debajo del Benchmark, por tal motivo se adicionó a la formulación 0.5% de Gafquat HSI para mejorar dicho parámetro, al contener una silicona en su estructura también podemos aportar mejores beneficios a los parámetros de brillo y suavidad en seco.

Partiendo de la formulación 1A como base y observando las características que presenta cada uno de los agentes acondicionadores en las formulaciones evaluadas, se optó por adicionar a la formulación 1A 0.5% de Gafquat HSI y manteniendo el porcentaje de 0.25% de gomar guar, ya que en las formulaciones 4A y 5A no se observaron mejorías con el aumento al 0.3%. con estos cambios en la formulación se obtuvo la formula 1B de igual manera se realizaron las evaluaciones correspondientes tanto en mechas como la evaluación en Salon Test.

En la formulación 1B tenemos presentes los cuatro agentes acondicionadores con los que se decidió trabajar, esperando que esta fórmula presentara mejores resultados ya que se tiene un conjunto de compuestos que ayudarán al desempeño de la formulación, tanto en húmedo como en seco.

ANEXO C

Al presentar inestabilidades las formulaciones 1B, 2C y 3D se optó por retirar de la formulación el compuesto Cloruro de poliacrilamidopropiltrimonio (N-Durhance A-1000) ya que al ser altamente catiónico se cree que pueda estar interaccionando con otros ingredientes presentes en la formulación. Por tal motivo se decidió hacer variaciones en los porcentajes de Policuaternio 28 y Policuaternio 28 y dimeticona para mejorar el desempeño del producto.

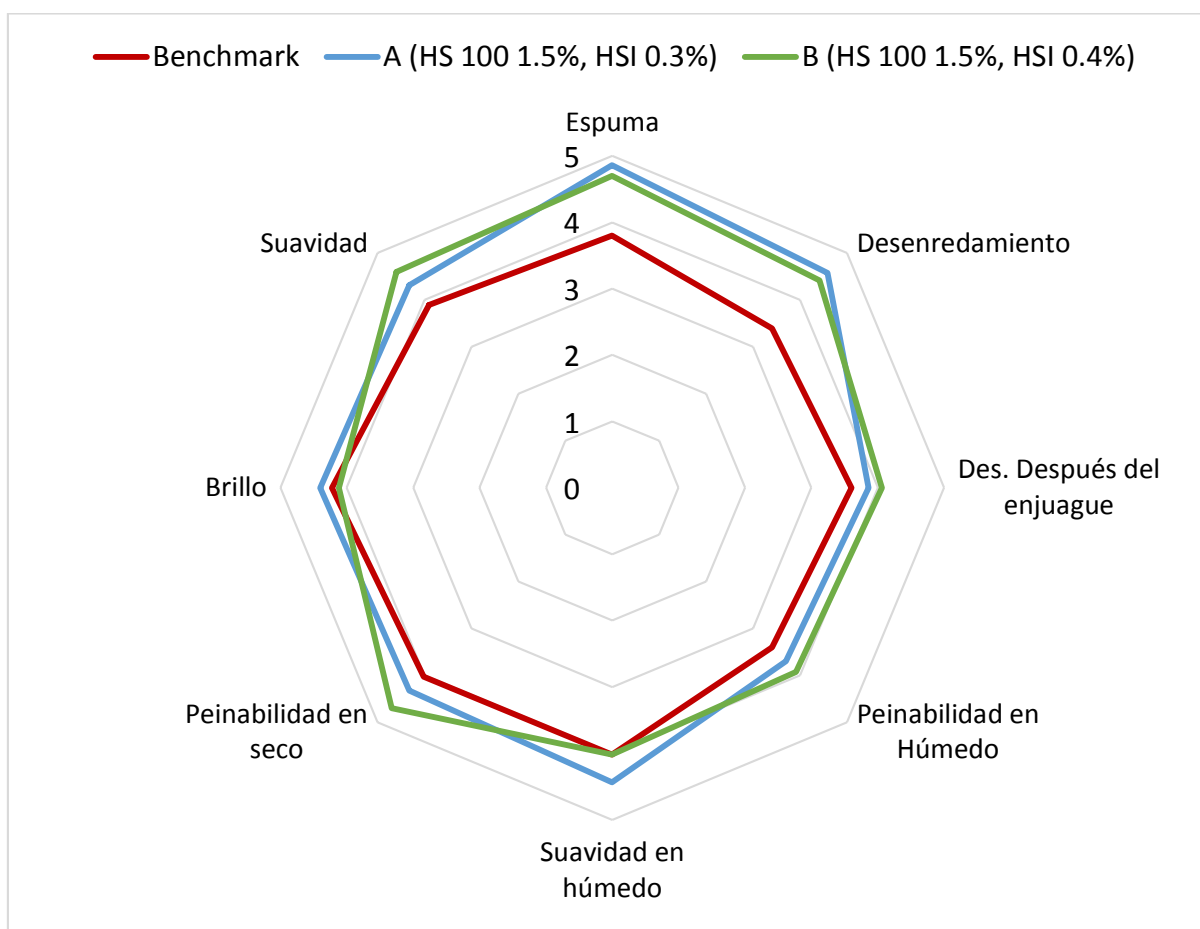


Figura 1. Resultados de la evaluación subjetiva en mechas, con variaciones en los porcentajes de Gafquat HSI (0.3% y 0.4%) y Gafquat HS-100 (1.5%), comparados contra un Benchmark.

	Espuma	Desenredamiento	Des. Después del enjuague	P. Húmedo	Suavidad en húmedo	P.seco	Brillo	Suavidad
Media Benchmark	3,800	3,400	3,600	3,400	4,016	4,020	4,220	3,900
Media Prototipo A	4,860	4,580	3,860	3,700	4,440	4,320	4,400	4,320

Tabla 1. Resultados Benchmark vs Formula A, evaluación en mechas.

	Espuma	Desenredamiento	Des. Después del enjuague	P. Húmedo	Suavidad en húmedo	P.seco	Brillo	Suavidad
Media Benchmark	3,800	3,400	3,600	3,400	4,016	4,020	4,220	3,900
Media Prototipo B	4,700	4,420	4,060	3,920	4,020	4,700	4,120	4,600

Tabla 2. Resultados Benchmark vs Formula B, evaluación en mechas.

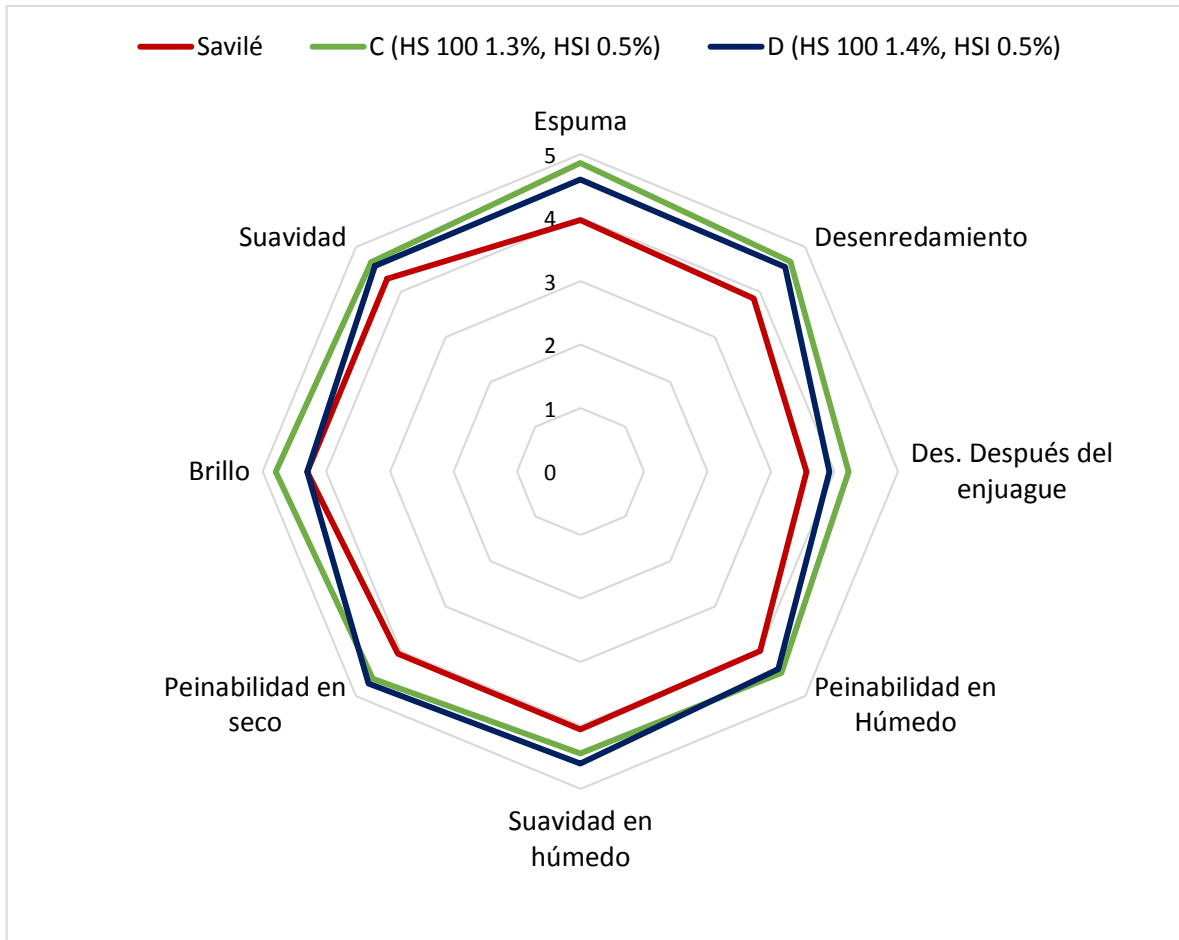


Figura 2. Resultados de la evaluación subjetiva en mechas, con variaciones en los porcentajes de Gafquat HSI (0.5%) y Gafquat HS-100 (1.3% y 1.4%) comparados contra un Benchmark.

Tabla 3. Resultados Benchmark vs Formula C, evaluación en mechas.

	Espuma	Desenredamiento	Des. Después del enjuague	P. Húmedo	Suavidad en húmedo	P.seco	Brillo	Suavidad
Media Benchmark	3,960	3,860	3,560	4,000	4,060	4,060	4,300	4,300
Media Prototipo C	4,860	4,680	4,220	4,480	4,440	4,620	4,800	4,660

Tabla 4. Resultados Benchmark vs Formula D, evaluación en mechas.

	Espuma	Desenredamiento	Des. Después del enjuague	P. Húmedo	Suavidad en húmedo	P.seco	Brillo	Suavidad
Media Benchmark	3,960	3,860	3,560	4,000	4,060	4,060	4,300	4,300
Media Prototipo D	4,600	4,560	3,920	4,400	4,600	4,720	4,300	4,580

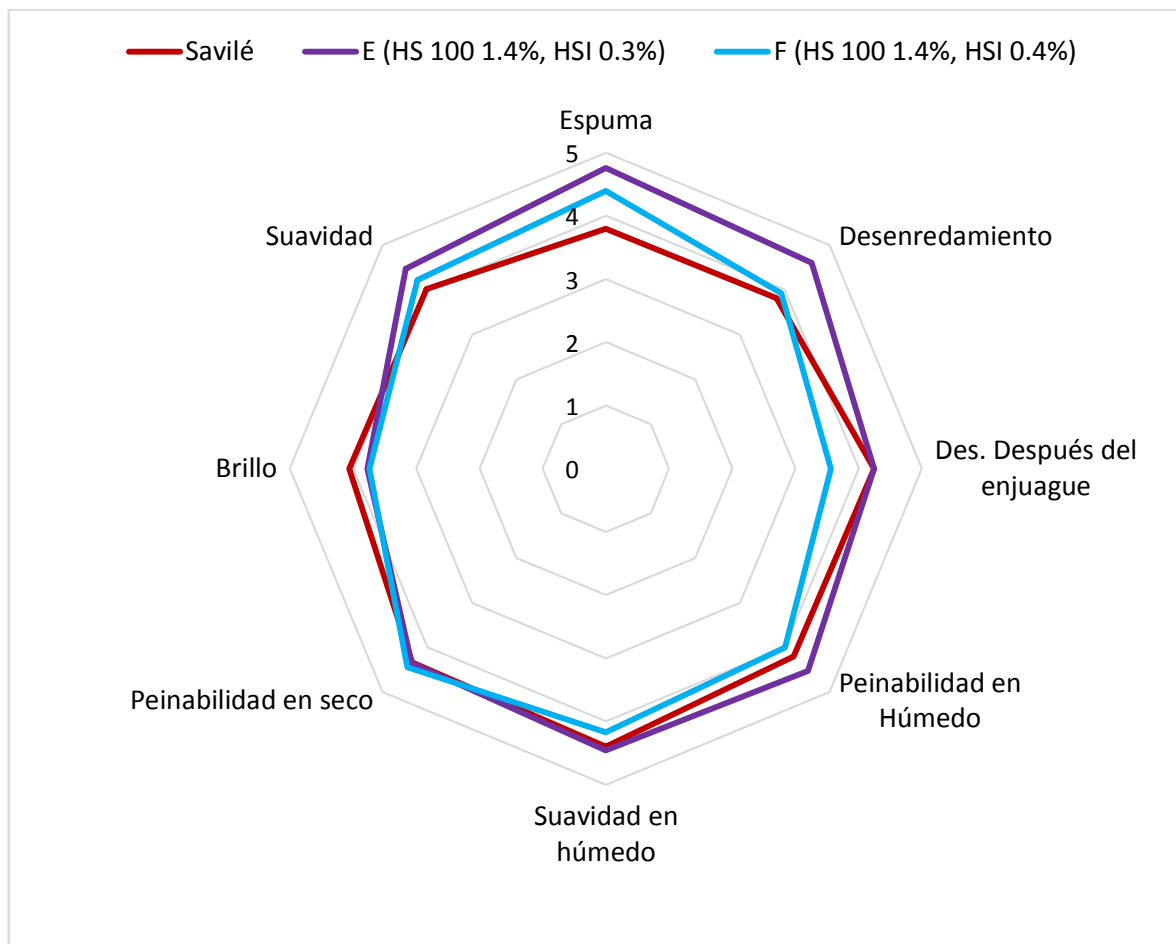


Figura 3. Resultados de la evaluación subjetiva en mechas, con variaciones en los porcentajes de Gafquat HSI (0.3% y 0.4%) y Gafquat HS-100 (1.4%) comparados contra un Benchmark.

Tabla 5. Resultados Benchmark vs Formula E, evaluación en mechas.

	Espuma	Desenredamiento	Des. Después del enjuague	P. Húmedo	Suavidad en húmedo	P.seco	Brillo	Suavidad
Media Benchmark	3,800	3,820	4,240	4,200	4,400	4,340	4,060	4,020
Media Prototipo E	4,760	4,600	4,240	4,520	4,460	4,350	3,780	4,480

Tabla 6. Resultados Benchmark vs Formula F, evaluación en mechas.

	Espuma	Desenredamiento	Des. Después del enjuague	P. Húmedo	Suavidad en húmedo	P.seco	Brillo	Suavidad
Media Benchmark	3,800	3,820	4,240	4,200	4,400	4,340	4,060	4,020
Media Prototipo F	4,400	3,920	3,560	4,000	4,170	4,440	3,740	4,220

Con las seis formulaciones mostradas en las figuras 1, 2 y 3 se pudo determinar que la mejor combinación de agentes acondicionadores es manteniendo Gafquat HSI al 0.5% y Gafquat HS-100 al 1.3% que se muestran en la figura 2 siendo la formulación C la que obtuvo mejores resultados.

Se realizaron las pruebas de espuma correspondientes para cada una de las formulaciones comparadas contra el Benchmark, los resultados obtenidos se muestran en la siguiente figura.

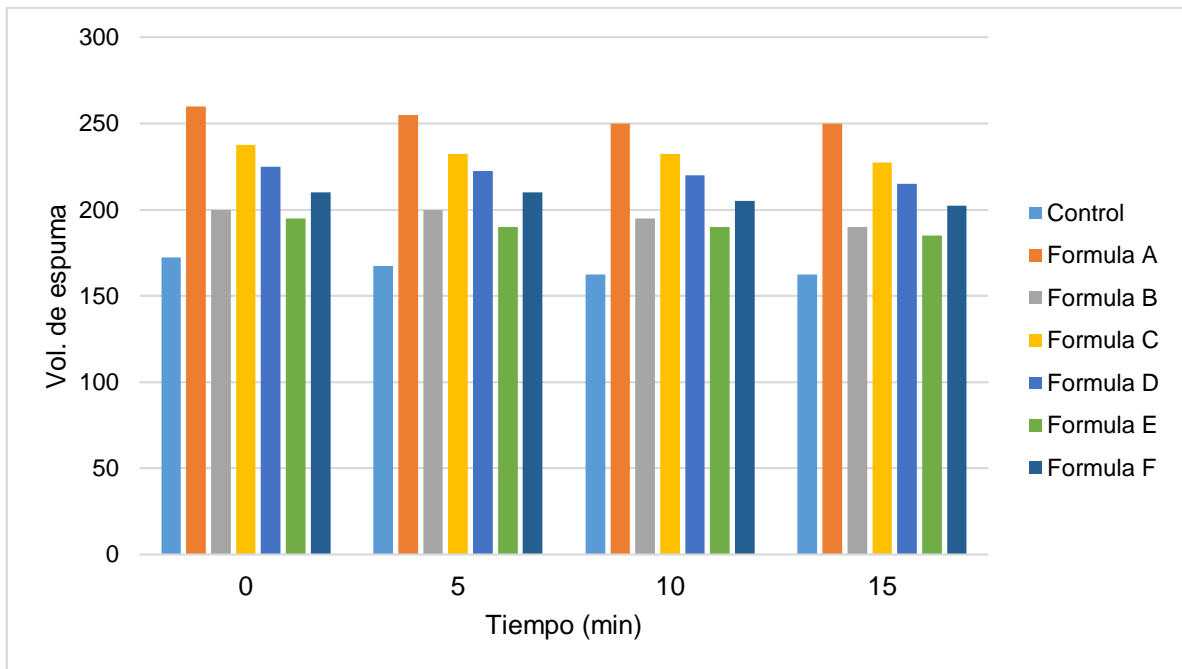


Figura 4. Resultados obtenidos de las pruebas de espuma para cada una de las formulaciones mencionadas anteriormente.

Podemos observar que las 6 formulaciones evaluadas presentan un mejor volumen de espuma que el que se obtuvo del Benchmark,

ANEXO D

Ejemplo del cálculo de T-student para cada uno de los parámetros evaluados en mechas para la formulación 1B.

Tabla 1. Resultados de la prueba T-student para el parámetro de espuma.

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	3,507692308	4,36923077
Varianza	0,872435897	0,18730769
Observaciones	13	13
Varianza agrupada	0,529871795	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	24	
Estadístico t	-3,01749075	
P(T<=t) una cola	0,002976453	
Valor crítico de t (una cola)	1,71088208	
P(T<=t) dos colas	0,005952905	
Valor crítico de t (dos colas)	2,063898562	

Tabla 2. Resultados de la prueba T-student para el parámetro de Desenredamiento

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	3,630769231	4,238461538
Varianza	0,480641026	0,224230769
Observaciones	13	13
Varianza agrupada	0,352435897	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	24	
Estadístico t	-2,609758668	
P(T<=t) una cola	0,00768077	
Valor crítico de t (una cola)	1,71088208	
P(T<=t) dos colas	0,015361539	
Valor crítico de t (dos colas)	2,063898562	

Tabla 3. Resultados de la prueba T-student para el parámetro de Desenredamiento después del enjuague

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	3,50769231	4,08461538
Varianza	0,3274359	0,25641026
Observaciones	13	13
Varianza agrupada	0,29192308	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	24	
Estadístico t	-2,72232753	
P(T<=t) una cola	0,00594083	
Valor crítico de t (una cola)	1,71088208	
P(T<=t) dos colas	0,01188166	
Valor crítico de t (dos colas)	2,06389856	

Tabla 4. Resultados de la prueba T-student para el parámetro de Peinabilidad en húmedo

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	3,32307692	3,85384615
Varianza	0,63192308	0,67935897
Observaciones	13	13
Varianza agrupada	0,65564103	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	24	
Estadístico t	-1,67120358	
P(T<=t) una cola	0,05383604	
Valor crítico de t (una cola)	1,71088208	
P(T<=t) dos colas	0,10767209	
Valor crítico de t (dos colas)	2,06389856	

Tabla 5. Resultados de la prueba T-student para el parámetro de Suavidad en húmedo

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	3,65384615	4,23076923
Varianza	0,25269231	0,19897436
Observaciones	13	13
Varianza agrupada	0,22583333	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	24	
Estadístico t	-3,09514192	
P(T<=t) una cola	0,00247241	
Valor crítico de t (una cola)	1,71088208	
P(T<=t) dos colas	0,00494482	
Valor crítico de t (dos colas)	2,06389856	

Tabla 6. Resultados de la prueba T-student para el parámetro de Peinabilidad en seco

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	4,03076923	4,20769231
Varianza	0,27397436	0,55410256
Observaciones	13	13
Varianza agrupada	0,41403846	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	24	
Estadístico t	-0,70100452	
P(T<=t) una cola	0,24502086	
Valor crítico de t (una cola)	1,71088208	
P(T<=t) dos colas	0,49004172	
Valor crítico de t (dos colas)	2,06389856	

Tabla 7. Resultados de la prueba T-student para el parámetro de Brillo

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	4,01538462	4,11538462
Varianza	0,32307692	0,58641026
Observaciones	13	13
Varianza agrupada	0,45474359	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	24	
Estadístico t	-0,37807102	
P(T<=t) una cola	0,35435059	
Valor crítico de t (una cola)	1,71088208	
P(T<=t) dos colas	0,70870118	
Valor crítico de t (dos colas)	2,06389856	

Tabla 8. Resultados de la prueba T-student para el parámetro de Suavidad

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	4,03846154	4,27692308
Varianza	0,17423077	0,22358974
Observaciones	13	13
Varianza agrupada	0,19891026	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	24	
Estadístico t	-1,36315874	
P(T<=t) una cola	0,09274269	
Valor crítico de t (una cola)	1,71088208	
P(T<=t) dos colas	0,18548539	
Valor crítico de t (dos colas)	2,06389856	

ANEXO E. FORMULACIONES

Ingrediente	1	2	3	4	5	1A	2A	4A	5A	1B	1B1	1B2	1B3	2C	2C4	2C4a	2C5
Agua	65.1	67.2	67.2	67.3	66.8	65.2	65.2	66.3	65.8	65.2	65.2	65.2	65.2	65.2	64.5	64.5	64.5
EDTA	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
N-Hance 3196	0.25	0.25	0.25	0.25	0.3	0.25	0.25	0.3	0.3	0.25	0.25	0.25	0.25	0.30	0.30	0.32	0.30
Sol. Ácido cítrico 10%	pH 4-5	pH 4-5	pH 4-5	pH 4-5	pH 4-5	pH 4-5	pH 4-5	pH 4-5	pH 4-5	pH 4-5	pH 4-5	pH 4-5	pH 4-5	pH 4-5	pH 4-5	pH 4-5	pH 4-5
N-Durhance A-1000	0.15	0.15	0.15	-	-	0.15	0.15	-	-	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	-	0.15
Gafquat HSI	-	1.0	-	-	1.5	-	1.0	-	1.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Cocoamidopropilbetaína	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	7.0	7.0	6.0	6.0	7.0	8.0	7.0	8.0	7.0	7.0	7.0	7.0
Gafquat HS-100	1.0	-	1.0	1.0	-	1.2	-	1.0	-	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.5	1.2
Poliox 301	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
LESS	18.0	18.0	-	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	20.0	19.0	18.0	18.0	18.0	18.0
LESA	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Texapon T-42	-	-	18.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lumini System	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Euperlan	1.8	18	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
Genapol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Surfathix N	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.0	1.0	1.0
Liquid Germall Plus	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Cloruro de Sodio																	

Ingrediente	3D	3D 2	3D2 a	3D 3	2C4a A	2C4a B	2C4a C	2C4a D	2C4a E	2C4a F	C1- A	3'z
Agua	65.1 7	66. 5	66.5	65. 7	64.4	64.3	64.4	64.3	64.5	64.4	64. 1	66. 4
EDTA	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
N-Hance 3196	0.30	0.3	0.32	0.3	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.3 2	0.3 7
Sol. Ácido cítrico 10%	pH 4-5	pH 4-5	pH 4-5	pH 4-5	pH 4-5	pH 4-5	pH 4-5	pH 4-5	pH 4-5	pH 4-5	pH 4-5	pH 4-5
N-Durhance A-1000	0.15	-	-	0.1 5	-	-	-	-	-	-	-	-
Gafquat HSI	0.5	0.5	0.5	0.5	0.3	0.4	0.5	0.5	0.3	0.4	0.5	0.5
Cocoamidopropilbetaína	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
Gafquat HS-100	1.2	1.2	1.5	1.2	1.5	1.5	1.3	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3
Poliox 301	0.03	0.0 3	0.03	0.0 3	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.0 3	0.0 3
LESS	18.0	18. 0	18.0	18. 0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18. 0	16. 0
LESA	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Lumini System	0.5	0.5	0.5	0.5	-	-	-	-	-	-	-	-
Euperlan	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	-
Genapol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.8
Surfathix N	-	-	-	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.3	1.0
Liquid Germall Plus	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Cloruro de Sodio												

Ingrediente	1	1'	2	2'	3	3'
Agua	64.4	64.3	64.4	64.3	64.5	64.4
EDTA	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
N-Hance 3196	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
Sol. Ácido cítrico 10%	pH 4-5	pH 4-5	pH 4-5	pH 4-5	pH 4-5	pH 4-5
N-Durhance A-1000	-	-	-	-	-	-
Gafquat HSI	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Cocoamidopropilbetaína	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
Gafquat HS-100	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
Poliox 301	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
LESS	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0
LESA	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Lumini System	-	-	-	-	-	-
Euperlan	1.8	-	1.8	-	1.8	-
Genapol	-	1.8	-	1.8	-	1.8
Surfathix N	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Liquid Germall Plus	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Cloruro de Sodio						