

Incorporación de tuétano de res en un champú para cabello y evaluación de su efecto contra la alopecia

Incorporation of beef marrow in a hair shampoo and evaluation of its effect against alopecia

Uriel Arroyo-Cruz¹ <https://orcid.org/0009-0001-6083-8089>

Flor de María Guillén-Jiménez¹ <https://orcid.org/0000-0002-6880-6815>

Gabriela Mendoza-Trinidad^{1*} <https://orcid.org/0000-0001-6852-2698>

Gabriela Pineda-Camacho¹ <https://orcid.org/0000-0003-3048-0626>

Leticia Martha Raymundo-Núñez¹ <https://orcid.org/0000-0002-1813-2613>

¹Departamento de Ingeniería Bioquímica. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Instituto Politécnico Nacional. Ciudad de México, México

*Autor para la correspondencia: gmendozat@ipn.mx

RESUMEN

La caída de cabello se genera por diferentes factores, y puede originar estrés emocional en las personas que la presentan. Con el objetivo de incorporar tuétano de res a un producto capilar como ingrediente auxiliar contra la caída de cabello, se realizó un estudio de mercado, para especificar las características del champú para desarrollar. Se elaboraron 25 formulaciones con diferentes porcentajes de tuétano de res; finalmente una de ellas se seleccionó y se analizó determinando sus características fisicoquímicas. Se prepararon dos lotes, uno color rosa aroma a

rosas, y el otro amarillo con aroma cítrico, evaluando a través de una prueba sensorial afectiva de aceptación el grado de efectividad del producto, en comparación con el champú base. De un tamaño de muestra de 55, un 54 %, percibió una disminución en la pérdida de cabello, lo que sugiere que el tuétano de res incorporado en un champú, tiene un efecto contra la alopecia.

Palabras clave: tuétano de res; champú; pérdida de cabello.

ABSTRACT

Hair loss is caused by different factors, and it could be cause of emotional stress in people who present it. The objective of incorporating beef marrow into a hair product as an auxiliary ingredient against hair loss, it was decided to carry out a market study out to specify the characteristics of the shampoo to be developed. Twenty-five formulations with different percentages of beef marrow were elaborated, finally one of them was selected and analyzed to determine its physicochemical characteristics. Two batches were made, one pink with a rose aroma and the other yellow with a citrus aroma, to evaluate by means of an affective sensory acceptance test the degree of effectiveness of the product in comparison with the base shampoo. The sample size was 55, 54 % perceived a decrease in hair loss, suggesting that beef marrow incorporated into a shampoo has an effect against alopecia.

Keywords: beef marrow; shampoo; hair loss.

Recibido: 6 de enero de 2023

Aprobado: 10 de febrero de 2023

Introducción

La caída del cabello se origina, entre otros factores, por las constantes situaciones de estrés que experimenta el ser humano, una alimentación baja en antioxidantes y cambios hormonales; los

cuales generan cabello graso, caspa, cabello con estructura débil y con menor grosor, así como hipersensibilidad en el cuero cabelludo derivada de la acción excesiva de la hormona DHT (dihidrotestosterona), lo cual se contrarresta incorporando en la zona del cabello vitamina B6 y vitamina E,⁽¹⁾ compuestos que se pueden encontrar en el tuétano de res.⁽²⁾

En función de lo anterior, se recomienda utilizar productos capilares suaves que contengan sustancias reengrasantes, principios activos que hidraten las fibras queratínicas y que regeneren la película hidrolipídica, además de presentar propiedades calmantes ⁽³⁾, y de acuerdo con Robbins,⁽⁴⁾ los componentes del champú deben ser: surfactante primario, sódico secundario y catiónico, acondicionador, estabilizador, preservante, base, olor y color.

Considerando que la limpieza del cabello se logra por medio de surfactantes, principalmente de tipo aniónico, que al entrar en contacto con el cuero cabelludo alteran la hidrofiliidad, permitiendo el desplazamiento de la suciedad por medio del agua,⁽⁴⁾ en la formulación del champú se incluye Peg 120 metil glucosa trioleato, el cual actúa como tensioactivo, además de ser emoliente y regulador de la viscosidad.⁽⁵⁾

Otros ingredientes incluidos en la formulación son el cocoanfoacetato sódico, surfactante anfótero con propiedades dermatológicas y usado para pieles sensibles;⁽⁶⁾ el *Poliquartenium 10*, empleado para dar suavidad al cabello y facilitar el peinado, y la cocodietanolamida para reforzar la espuma y generar viscosidad; el coco-glucósido y gliceril oleato, ingredientes base que además de ser de origen natural, aportan humectación y mayor contenido de grasas al cuero cabelludo.⁽⁷⁾

En consecuencia, no es posible tratar las alopecias diagnosticadas como patologías, sólo con cosméticos y esperar recuperar todo el cabello perdido. Sin embargo, sí podemos prevenir la caída o actuar en la etapa inicial de algún tipo de alopecia, mejorando el estado del cabello, favoreciendo el crecimiento más saludable y fortalecido, prolongando así sus ciclos de vida.⁽³⁾

Con base en lo anterior, la presente investigación tiene como objetivo la reformulación de un champú a base de tuétano de res, que contribuya al fortalecimiento del cabello para contrarrestar su caída, mejorando la imagen de las personas y de esa manera que no repercuta en su autoestima.

Materiales y métodos

En el presente proyecto se utilizaron tuétano de res, agua destilada, diestearato de polietilenglicol, Peg-120 metilglucosa trioleato y propilenglicol, decilpoliglucósido, cocamida propilbetaína, cocodietanolamida, polioléster de aceite graso de coco, cocoanfoacetato sódico, *Polyquaternium* 10, coco-glucósido y gliceril oleato, 5-bromo-nitro-1,3-dioxan en propilenglicol, fragancia (esencia orange, esencia de rosas), colorante al 1 % (amarillo huevo y rosa fucsia), ácido cítrico al 10 %. Los reactivos fueron de grado analítico.

Obtención de tuétano de res

En el mercado San Juan Pantitlán en la Alcaldía Iztapalapa, Ciudad de México, México, se adquirieron huesos del fémur de res cortados en trozos de 10 a 12 cm. Se lavaron con agua purificada, se secaron y se retiró el tuétano de forma mecánica con ayuda de una espátula.

Acondicionamiento del tuétano de res

El tuétano extraído de los huesos se calentó en un recipiente de acero inoxidable a temperatura entre 40 y 45 °C, hasta su fusión total; el tuétano caliente se filtró sobre una malla de tela y se colocó en un recipiente de vidrio con cierre hermético, previamente tarado; se enfrió, se pesó y se mantuvo en congelación hasta su uso.

Elaboración de champú

Para la elaboración del champú se tomó como formulación base o blanco, la fórmula proporcionada por la empresa Conjunto LAR de México,⁽⁷⁾ sin adición de algún activo en la fase 6. La incorporación de tuétano se realizó preparando cinco reformulaciones en las que se varió el porcentaje de adición de tuétano del 2 % al 10 %, modificando solo el porcentaje de agua. La formulación base se presenta en la tabla 1, y se describe el procedimiento de elaboración.

Tabla 1- Formulación de champú (conjunto LAR de México)

	Ingrediente	% w/w
Fase 1	Agua desionizada	34,5
	Diesterato de polietilenglicol	0,5
Fase 2	Agua	10,0
	Peg 120 metil glucosa trioleato y propilenglicol	2,0
Fase 3	Decil glucósido	18,0
	Cocamida propil betaína	3,0
	Cocodietanolamida	3,0
	Polioléster de aceite graso de coco	0,5
	Cocoanfoacetato sódico	4,0
Fase 4	Agua desionizada	10,0
	<i>Polyquaternium 10</i>	0,2
Fase 5	Agua desionizada	10,0
	Coco-glucósido y gliceril oleato	1,0
Fase 6	Activo	2,0 – 8,0
	5-bromo-nitro-1,3-dioxan en propilenglicol	0,2
	Fragancia	1,0
	Colorante	0,1
Total		100

En la fase 1 se disuelve el diesterato de polietilenglicol en agua a 85 °C; por separado, en la fase 2 se disuelve el Peg-120 metil glucosa dioleato y propilenglicol a 50 °C. Se pesan y se mezclan los ingredientes de la fase 3, decil glucósido, cocamida propil betaína, cocodietanolamida, polioléster de aceite graso de coco y cocoanfoacetato sódico. Las fases 1 y 2 se mezclan manteniendo agitación constante y se incorpora la fase 3 hasta su homogeneización. El *Polyquaternium 10*, ingrediente de la fase 4, se disuelve en agua a 25 °C y la fase 5 se prepara disolviendo el coco-glucósido y gliceril oleato en agua a 25°C. Las fases 4 y 5 se adicionan a la mezcla de las fases 1, 2 y 3 y se continúa la agitación hasta su incorporación total. Finalmente se adicionan los ingredientes de la fase 6, siendo el tuétano de res el activo, incorporando uno a uno hasta homogeneizar.

Selección de la formulación para evaluación del efecto anticaída

Se determinó la estabilidad de las muestras preparadas al dejarlas en reposo en recipientes herméticamente cerrados, a temperatura y presión ambientales, por un período de 15, 30 y 45 días a partir de su preparación. A las muestras más estables se les evaluó la facilidad de aplicación,

poder espumante y facilidad de enjuague por medio de un lavado de manos, y posterior al lavado, se evaluó la sensación de resequedad en la piel. Las muestras estudiadas se compararon con el blanco y con un champú comercial de control caída. De estas pruebas se seleccionó la formulación final, a la que se le determinaron parámetros fisicoquímicos.

Determinación de pH

Se calentó el champú en baño maría a una temperatura de 25 °C. Mediante un potenciómetro se determinó su pH ⁽⁸⁾, y se ajustó a un valor entre 6 y 7 con ácido cítrico al 10 %.

Determinación de la densidad relativa mediante picnómetro

El picnómetro se ajustó a peso constante, se pesó vacío en una balanza analítica, registrando el peso en gramos hasta la cuarta cifra decimal; así mismo, se anotó el valor nominal del volumen interno impreso en el cuerpo del picnómetro. Se calentó la muestra en baño maría hasta alcanzar una temperatura de 25 °C, y se colocó en el picnómetro cuidando de no sobrepasar la línea del aforo. Se colocó el tapón esmerilado y el exceso de muestra se derramó por el tubo capilar, verificando que no quedaran burbujas en el interior del cuerpo y el capilar. El exterior y boca del capilar se limpió con papel absorbente hasta que no hubo rastro de muestra. Se pesó el picnómetro con muestra, el peso quedó registrado hasta la cuarta cifra decimal.⁽⁹⁾

La densidad del champú se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$D = \frac{(PM-PV)}{VP} [=] \frac{g}{cm^3} \quad (1)$$

donde:

D: densidad de la muestra

PV: peso del picnómetro vacío, en gramos

VP: volumen interior del picnómetro, en centímetros cúbicos

PM: peso del picnómetro lleno con muestra, en gramos.

Determinación de viscosidad

La medición se realizó utilizando un viscosímetro de Ostwald.⁽¹⁰⁾ El mismo consiste en dos contenedores de vidrio, a distinta altura, separados por un capilar. Midiendo el tiempo que tarda en descender un volumen determinado de líquido a través del capilar, se determinó la viscosidad. La ecuación de Hagen-Poiseuille describe el flujo de un líquido en un ducto circular, en régimen laminar:

$$\Delta P = \frac{32 \mu L v}{D^2} \quad (2)$$

donde:

L: longitud del capilar

D: diámetro del capilar

μ : viscosidad del fluido

V: velocidad promedio con que se mueve el fluido.

La ecuación de Poiseuille es válida cuando el régimen del flujo es laminar, por lo tanto, cada viscosímetro tiene un rango de viscosidad cinemática para el cual esto se cumple. Existe una variada gama de viscosímetros con diferentes radios de capilar, que permiten medir un amplio rango de coeficientes de viscosidad.⁽¹¹⁾ Se seleccionó el viscosímetro E (viscosidad de 0,02 a 0,20 m²/s) debido a que el champú se considera un fluido de alta viscosidad.

El contenedor inferior del viscosímetro seleccionado se llenó con la muestra hasta el aforo, evitando la formación de burbujas. El viscosímetro con muestra se mantuvo a temperatura de 25 °C en baño maría, durante treinta minutos, cuidando que el nivel del agua cubra el viscosímetro. Se succionó el champú por la rama del contenedor superior hasta llegar al aforo superior. Con un cronómetro, se midió el tiempo que la muestra tarda en pasar del aforo superior al inferior del contenedor. La medición del tiempo se realizó por triplicado y se obtuvo un promedio. Se calculó la viscosidad cinemática en m²/s y con la densidad determinada con el picnómetro se computó la viscosidad absoluta.⁽¹⁰⁾

Determinación del poder espumante. Método de Beh-James

Se preparó una solución al 10 % v/v del champú en agua, así como del blanco de referencia. Se colocó una muestra de 5 mL en un tubo de ensayo, se tapó y se sometió manualmente a 50 agitaciones cíclicas.⁽¹⁰⁾ Se registró el volumen de la espuma formada al tiempo 0, y se midió el volumen cada hora durante las primeras 8 h; posteriormente se midió el volumen de la espuma a las 10, 15, 20, 25, 30, 35 y 38 h.

Estudio de mercado

La recopilación de información para obtener datos sobre el producto por desarrollar y las preferencias del mercado, se realiza mediante procedimientos especializados que pueden aplicarse a través de cuestionarios por correo, entrevista telefónica, y entrevista personal.⁽¹²⁾ La tabla 2 muestra el cuestionario aplicado a 62 personas, con un rango de edad de 16 a 55 años, sin hacer distinción de sexo, ocupación o estado de salud, con el objetivo de conocer hábitos en el uso de champú, algunas características del champú que utilizan, y otras que desearían encontrar en un champú, así como su interés de probar uno nuevo.

Tabla 2- Cuestionario aplicado para el estudio de mercado

Nombre completo:	Edad:				
Sexo:	Ocupación:				
1. ¿Usted usa champú para lavar su cabello?	Sí	No			
2. ¿Cuántas veces a la semana usted lava su cabello?	Entre 1 y 3	Entre 4 a 6	Diario		
3. ¿Cuál es su aroma favorito en un champú?	Rosa	Limón	Lavanda	Otro (especifique)	
4. ¿Qué color de champú le agrada más?	Verde	Rojo	Amarillo	Azul	Otro (especifique)
5. ¿Cuál es la cantidad en mililitros de champú que usted utiliza al mes?	0 a 50	Entre 50 y 100	Entre 100 y 300	Más de 500	
6. ¿Compra champú para otro uso en particular?	No	Sí	Explique cuál:		
7. ¿Tiene algún problema actual referente a su cabello?	No	Sí			
Especifique cuál:					
8. ¿Siempre compra la misma marca de champú?	No	Sí	¿Cuál?		
9. ¿En dónde compra usualmente Usted su producto?					
10. ¿Qué beneficio le gustaría que le otorgue a su cabello su champú de confianza?					
11. ¿Le gustaría probar un nuevo champú que ayude a evitar la caída de cabello?	Sí	No	(¿por qué?)		
12. ¿Está dispuesto a participar durante un mes, en una prueba de un nuevo champú que evita la caída del cabello?	Sí	No	(¿por qué?)		

Evaluación sensorial

Se realizó por expertos no entrenados. Se utilizó la prueba de escala hedónica verbal afectiva, la cual permite determinar y medir las características sensoriales de los productos e investigar diferencias e incluso nivel de agrado de un producto. Los ensayos analíticos se realizan por parte de jurados y permiten, por ejemplo, determinar una diferencia con respecto a un producto ya usado, y medir la importancia de esta diferencia.⁽¹³⁾

El análisis consistió en utilizar el blanco en el aseo del cabello durante treinta días, y posteriormente el champú con tuétano, también por treinta días, para evaluar las características del champú y su efecto en el cabello de manera objetiva. Se aplicó el cuestionario de la tabla 3 para conocer el grado de satisfacción sobre la funcionalidad y efectividad del champú, comparándolo con el blanco.

Tabla 3- Cuestionario aplicado para la evaluación sensorial del champú con tuétano y el blanco

Nombre completo _____ Fecha _____ Sexo _____

Este cuestionario es para conocer su opinión acerca de la funcionalidad y efectividad sobre nuestro producto.

De la pareja de muestras que se le entregan, utilice la muestra 1 por un tiempo de 30 días y después utilice la muestra 2 por otros 30 días.

De la manera más objetiva posible de una calificación a cada atributo incluido en el formulario ocupando la siguiente escala:

Muy insatisfecho(a)	Insatisfecho (a)	Aceptable	Satisfecho (a)	Muy satisfecho (a)
1	2	3	4	5

ATRIBUTO	FORMULACION 1	FORMULACION 2
Primera impresión de textura con su mano		
Brillo del producto		
Consistencia y adhesión del champú al tacto		
Intensidad del perfume		
Olor del producto durante su uso		
Facilidad de aplicación y penetración		
Cantidad de espuma generada		
Facilidad de remoción del champú		
Suavidad y flexibilidad de la piel		
Textura del cabello después de su uso		
Brillo del cabello después de su uso		
Aspecto de limpieza de su cabello		
Tiempo de secado de su cabello		
Suavidad de su cabello después de estar seco		
Volumen de su cabello después de estar seco		
Cumple con la característica de control-caída de su cabello		

Los atributos evaluados para la funcionalidad del champú fueron: textura, brillo, consistencia, intensidad del aroma, permanencia del aroma, facilidad de aplicación, espuma generada y facilidad de enjuague. Mientras que los de efectividad fueron: suavidad y flexibilidad de la piel, textura, brillo, sensación de limpieza, tiempo de secado, suavidad y volumen del cabello, así como el efecto del control caída. La escala de evaluación fue de 1 a 5, donde 1 fue muy insatisfecho y 5 muy satisfecho.

Se aplicó una tercera encuesta a la población que realizó el análisis sensorial a fin de conocer las causas que originan la pérdida de su cabello, y poder estimar el tipo de población al que puede dirigirse el producto, al haber observado un efecto positivo durante el uso de las muestras evaluadas. El cuestionario se presenta en la tabla 4.

Tabla 4- Cuestionario aplicado para determinar la población con mayor beneficio durante el uso del champú formulado con tuétano de res

Nombre completo:	Edad:	Sexo:
Si Usted está de acuerdo en probar el producto para la caída del cabello, deberá contestar la siguiente encuesta para identificar un posible problema actual.		
1. ¿Usted detecta un problema actual con su cabello? No () Si () ¿Cuál?		
2. ¿Usted tiene familiares con problemas de caída de cabello o algún otro problema que posiblemente sea hereditario? No () Si () ¿Cuál?		
3. ¿Usted considera que su estado de salud es óptimo? No () Si () Si su respuesta es no, en la siguiente lista seleccione el o los posibles problemas que presenta actualmente.		
Mala alimentación	()	
Dieta estricta	()	
Sufre de alguna infección	()	
Sufre de alguna enfermedad grave o autoinmune	()	
Tuvo alguna cirugía	()	
Tiene cambios hormonales como el embarazo o la menopausia	()	
Tuvo algún tratamiento contra el cáncer	()	
4. ¿Usted usa algún agente químico para moldear o estilizar su cabello? No () Si ()		
Selección cuales:		
Aceites abrillantadores	()	
Acondicionadores	()	
Tratamientos hidratantes	()	
Ceñas	()	
Cremas	()	
Mousses	()	
Geles	()	
Espray	()	
5. ¿Usted hala o maltrata su cabello cuando lo peina? No () Si ()		
Selección cuales:		
Lo frota con fuerza	()	
Lo desenreda con fuerza	()	
Lo aprieta demasiado en un chongo	()	
Lo frota mojado con una toalla	()	
6. ¿Hace uso de algún aparato o químico para la estética de su cabello? No () Si ()		
¿Cuáles?		
Plancha su cabello	()	
Usa tenazas	()	
Usa secadora	()	
Lo tinte o decolora muy seguido	()	
Bases o tratamientos	()	
7. ¿Usted sufre de nervios o estrés emocional intenso? No () Si ()		
Selección cuales:		
Su ritmo de vida actual es muy acelerado	()	
Tiene un trabajo intenso	()	
Tiene relaciones personales complicadas	()	
Se encuentra constantemente en una situación de trabajo bajo presión	()	
Otros (explique cuál)		

Análisis estadístico

Las respuestas en los cuestionarios de estudio de mercado (tabla 2), se trataron por medio de la representación gráfica. Se realizó un conteo general de cada pregunta del cuestionario de evaluación sensorial, obteniendo el valor total, y se representó a través de una gráfica circular, la cual se puede utilizar para ilustrar la proporción de cada categoría en los datos. El círculo está segmentado en divisiones, cada una de las cuales representa una categoría de datos. Al comparar

y contrastar el tamaño de las divisiones, se puede evaluar la magnitud relativa de cada categoría.⁽¹⁴⁾

Para la prueba de análisis sensorial, se utilizó el método de prueba de rangos con signo en datos pareados, para determinar la diferencia percibida por el evaluador en el uso del champú formulado con tuétano y el blanco. Esta prueba de signos utiliza los signos más y menos de las diferencias entre las observaciones, y μ_0 (valor característico de una serie de datos) en el caso de una muestra, o los signos más y menos de las diferencias entre los pares de observaciones, en el caso de muestras en pares; no toma en cuenta la magnitud de esas diferencias.⁽¹⁵⁾

Resultados y discusión

Obtención del tuétano de res

Los consumidores de hoy prestan más atención a los aspectos socio–culturales de los productos, por esta razón las organizaciones deben considerar la necesidad de desarrollar innovaciones de diseño, como las tecnológicas y funcionales.⁽¹⁶⁾

En algunos lugares y pueblos de México, tradicionalmente se usa el tuétano de res como medida preventiva para evitar la pérdida de cabello, observando mejoría en el volumen, sedosidad y brillo.

De la obtención y acondicionamiento del tuétano se obtuvieron, por cada 3,5 kg de hueso de res, 500 g de tuétano, siendo el rendimiento del 14,3 %. El tuétano de res no utilizado se mantuvo en congelación durante seis meses, al término de este tiempo se descongeló; visualmente se observó que no presentó oxidación y no se apreció olor a rancio.

Estudio de Mercado

La investigación de mercado es una herramienta que recolecta y analiza información acerca de la preferencia en la adquisición del producto de interés por parte del consumidor. Las empresas investigan los mercados con el fin de efectuar un constante seguimiento a las experiencias, características y motivos de compra del consumidor, así como a las influencias ambientales, culturales, políticas o de otra índole, las cuales influyen sustancialmente en el momento de decidirse por un producto.⁽¹⁷⁾

La encuesta del estudio de mercado (tabla 2) arrojó los siguientes resultados: el 100 % de la población utiliza champú para lavar su cabello; el 69 % mencionó que asea diariamente su cabello; un 25 % prefiere el aroma a rosas mientras que otro 20 % prefiere el aroma cítrico. El 26 % de la población encuestada prefiere que el champú sea de color amarillo y el 23 % rosa. El 58 % gasta entre 100 y 300 mL de champú en un mes, en tanto el 47 % solo lo utiliza como un producto de limpieza para su cabello. Es importante mencionar que el 22 % lo usa para disminuir la caída del cabello y que el 44 % de la población presenta dicho problema.

El 34 % de la población mencionó que le gustaría encontrar en su champú de confianza, el beneficio de evitar la caída de cabello y al 81 % le agradecería probar un champú que evite esta problemática. El 53 % de la muestra estudiada no tiene preferencia por alguna marca en particular de champú, el 63 % adquiere el champú en un supermercado y el 81 % estuvo dispuesto a participar en el uso del champú desarrollado en la presente investigación durante un mes. La representación gráfica de las preguntas 3, 4 y 5 se muestran en la figura 1.

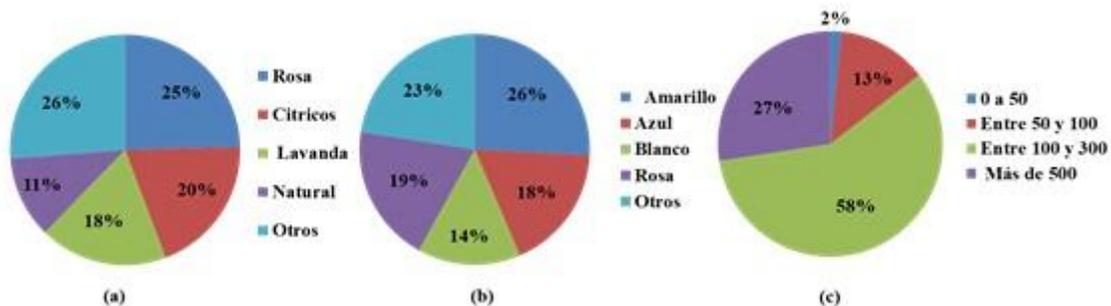


Fig. 1- a) Pregunta 3 ¿Cuál es su aroma favorito en un champú?, b) pregunta 4 ¿Qué color de champú le agrada más?, c) pregunta 5 ¿Cuál es la cantidad en mililitros que usted utiliza al mes?

De acuerdo con los resultados anteriores, se decidió preparar dos champús, uno con aroma a rosas y de color rosa y el otro con aroma cítrico y de color amarillo, ambos en una presentación de 350 mL para garantizar la aplicación por treinta días para la prueba sensorial.

Desarrollo de formulaciones

Los resultados que se obtienen al aplicar un champú dependen de los ingredientes del mismo. Cada ingrediente tiene un objetivo específico para la obtención de un resultado adecuado.

De las cinco formulaciones iniciales con variación en el porcentaje de tuétano, se descartaron las de porcentaje mayor por presentar inestabilidad de la emulsión a los 15 y 30 días. Las muestras con adición de 2 a 4 % de tuétano se mantuvieron estables durante 45 días. Se logró aumentar el tiempo de estabilidad de la emulsión en reformulaciones en las que se la adición de tuétano fue del 2 al 3 % y variando el porcentaje de tensioactivo, surfactante, ácidos grasos de coco y el agua. También se evaluó la viscosidad, apariencia, capacidad espumante, facilidad de aplicación, color y olor de cada formulación con pruebas de aplicación, comparando siempre con el blanco. La adición al 2,5 % de tuétano resultó con la mejor estabilidad. En la tabla 5 se presenta la formulación final empleada para preparar las muestras para evaluación sensorial. Se preparó el blanco, la fórmula color rosa con aroma a rosas y la fórmula con color amarillo y aroma cítrico, de acuerdo con lo arrojado en el estudio de mercado.

Tabla 5- Composición de las formulaciones finales

Ingrediente	Fórmula		
	Blanco	Rosa-rosas	Amarillo-cítrico
	% w/w	% w/w	% w/w
Agua desionizada	58,90	56,30	56,30
Diestearato de polietilenglicol	0,50	0,50	0,50
Peg 120 metil glucosa trioleato y propilenglicol	4,10	4,10	4,10
Decil glucósido	11,00	11,00	11,00
Cocamida propil betaina	10,0	10,00	10,00
Cocodietanolamida	3,00	3,00	3,00
Polioléster de aceite graso de coco	0,50	0,500	0,500
Cocoanfoacetato sódico	10,0	10,00	10,00
<i>Poliquartenium 10</i>	0,20	0,20	0,20
Coco-glucósido y gliceril oleato	1,00	1,00	1,00
Activo (tuétano de res)	0,00	2,50	2,50
5-bromo-nitro-1,3-dioxan en propilenglicol	0,20	0,20	0,20
Fragancia	0,20	0,20	0,20
Colorante al 1 %	0,00	0,10	0,20
Acido cítrico al 10 %	0,40	0,40	0,30
Total	100,00	100,00	100,00

A las formulaciones finales al blanco y a un champú comercial anticaída se les realizaron las pruebas de análisis fisicoquímicos, así como pruebas de aplicación. Los resultados se muestran en tabla 6.

El pH isoelectrico de la queratina, principal constituyente de la epidermis y el cabello es alrededor de 5,5. El cuero cabelludo, al ser una continuación de nuestra piel, necesita los mismos cuidados que el resto de la piel, ya que se puede deshidratar, desnutrir, perder su elasticidad y envejecer. Los procesos de lavado no son muy eficaces a cualquier valor de pH y los jabones verdaderos (sales de sodio o potasio de los ácidos grasos) se descomponen a pH 5,5 y no lavan sino engrasan. En la formulación de un champú o cualquier limpiador que se use sobre la piel debe encontrarse un equilibrio entre el efecto de limpieza y la agresividad. El pH, como se observa en tabla 4, del champú terminado es de 6,25, superior a 5,5; lo que sugiere que la efectividad en la limpieza estaría limitada. Sin embargo, al comparar el valor de pH del champú formulado con uno comercial (tabla 6) se observó que el champú comercial tuvo un valor de 7, y mediante la prueba de aplicación y la evaluación sensorial se verificó el efecto de limpieza.

La viscosidad de un producto de cuidado personal no solo es importante para garantizar la correcta aplicación del producto. En específico, en el champú se necesita tener cierto valor para que no resbale de las manos y se realice una mejor aplicación en el cuero cabelludo. La viscosidad que presenta el champú reformulado resultó de la combinación del tuétano con los tensioactivos y reguladores de la misma, y fue comparada con el blanco y un champú comercial tras 45 días de almacenamiento a temperatura ambiente, siendo el valor promedio de la viscosidad para el champú de 12.0463×10^{-3} kg/ms y del champú comercial de $12,68 \times 10^{-3}$ kg/ms, no existiendo entre ellos diferencia significativa (tabla 6).

Tabla 6- Resultados de los análisis realizados a las formulaciones finales, blanco y un champú comercial de control caída

Aspecto evaluado	Fórmula			
	Champú comercial control caída	Blanco	Champú con tuétano, rosa	Champú con tuétano, amarillo
Apariencia	Líquido viscoso opaco	Líquido viscoso transparente	Líquido viscoso opaco	Líquido viscoso opaco
Consistencia	Suave al tacto	Suave al tacto	Suave al tacto	Suave al tacto
Color	Verde	Incoloro	Rosa	Amarillo
Olor	Herbal	Sin aroma	Floral, rosas	Cítrico
pH a 25°C	7,00	6,25	6,40	6,60
Densidad relativa a 25°C (kg/m ³)	1 009,1	1 021,1	1 009,1	1 009,1
Viscosidad a 25°C (kg/ms)	12,68 x 10 ⁻³	5,1 151 x 10 ⁻³	12,1 625 x 10 ⁻³	11,93 x 10 ⁻³
Facilidad de aplicación	Buena	Buena	Buena	Buena
Poder espumante	Buena	Regular	Buena	Buena
Facilidad de enjuague	Buena	Buena	Buena	Buena

Por otro lado, el valor de la densidad relativa medida para los champús preparados con tuétano de res fue igual a la que se midió en el champú comercial control caída, siendo de 1 009,1 kg/m³ y en las pruebas de uso no se observa diferencia en la facilidad de aplicación, poder espumante y facilidad de enjuague, como se observa en la tabla 6.

Otro parámetro evaluado fue la estabilidad en la formación de espuma. En la tabla 7 se presentan los resultados de la prueba.

Tabla 7- Prueba de estabilidad de espuma

Tiempo (h)	Nivel de espuma en mL	
	Blanco	Champú con tuétano
0	10,0	12,0
1	10,0	12,0
2	10,0	12,0
3	9,5	11,5
4	9,4	11,4
5	9,2	11,3
8	9,0	11,0
10	8,9	11,0
15	7,1	9,3
20	6,4	8,8
25	5,3	7,0
30	5,0	6,3
35	5,0	5,4
38	5,0	5,0

La formulación final desarrolló un volumen de espuma de 12 mL, mientras que el blanco alcanzó 10 mL. Estos volúmenes se mantuvieron a las dos horas; pasadas diez horas, el volumen de espuma en el champú fue de 11 mL, y en el blanco de 8,9 mL lo que sugiere que la incorporación de tuétano de res en el champú es compatible con los demás ingredientes y ayuda en la estabilidad de la espuma, resultado conveniente al ser una cualidad importante para el consumidor al tenerse la percepción de que, a mayor cantidad de espuma mejor es el desempeño del champú, favoreciendo la aceptación del producto.

Evaluación del champú adicionado con tuétano de res

El análisis sensorial se realizó a una población de 55 personas, las cuales aceptaron participar en la evaluación del producto con tuétano y de un champú libre de él (blanco). Cada participante realizó la evaluación de ambos champús, después de treinta días de uso de cada uno, registrando la calificación de los atributos considerados en el formulario de evaluación sensorial (tabla 4) que se le entregó, con base en la escala incluida en dicho formulario.

El análisis de los datos de la evaluación sensorial realizado con el método de prueba de rango con signos en datos pareados, arrojó preferencia de la muestra de champú con tuétano sobre el blanco, al ser los valores de W^- menores a los W^+ . En la tabla 8, para los atributos consistencia y adhesión al tacto, intensidad del perfume, olor del producto durante su uso, cantidad de espuma generada, facilidad de remoción, aspecto de limpieza del cabello y cumplimiento de la característica de control caída del cabello, se presentan los siguientes resultados (tabla 8).

Tabla 8- Resultados de la prueba de rango con signos en datos pareados

ATRIBUTOS	W-	W+	W (Tablas)
Primera impresión de textura con su mano	10,5	850,5	302
Brillo del producto	184,5	365	175
Consistencia y adhesión al tacto del champú	143	677	286
Intensidad del perfume	0	666	227
Olor del producto durante su uso	80,5	270,5	110
Facilidad de aplicación y penetración	211	140	110
Cantidad de espuma generada	128	224	187
Facilidad de remoción del champú	227	420	319
Suavidad y flexibilidad de la piel	229,5	148,5	110
Textura del cabello después de su uso	192	403	200
Brillo del cabello después de su uso	210	168	120
Aspecto de limpieza de su cabello	27	135	41
Tiempo de secado de su cabello	172	179	110
Suavidad de su cabello después de estar seco	240	225	152
Volumen de su cabello después de estar seco	120	90	60
Cumple con la característica de control-caída de su cabello	153	882	371

La formulación final obtuvo un nivel de aceptación alto, además los usuarios comentaron que el uso de este producto disminuyó el problema de la caída de cabello.

Posteriormente se aplicó una encuesta con el objetivo de determinar la situación en la que la población de estudio se encuentra actualmente, ya que alguna problemática individual puede influir en los resultados de la aplicación del producto. De la encuesta para determinar el tipo de población a la que puede dirigirse el producto, según se precia en la tabla 4, se obtuvo que el 52 % notó cambio significativo en la disminución de la caída de cabello, el 44 % no notó alguna diferencia y el 2 % manifestó que su problema empeoró (figura 2).

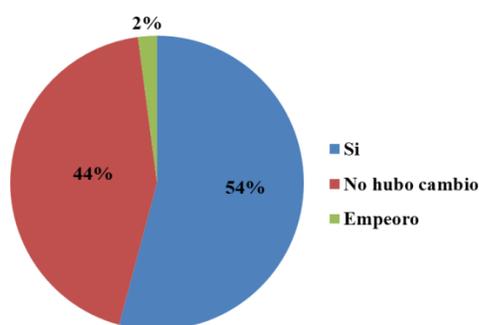


Fig. 2- Efecto en la disminución de la pérdida de cabello

Con base al resultado de cambio significativo ante la caída de cabello, el resto de las respuestas del formulario de la tabla 4 se separó en tres categorías, destacando: rango de edad que evaluó el champú fue de 18 a 55 años; el 52 % está en el rango de 18 a 30 años, el 25 % de 31 a 43 años y

el 15 % de 44 a 55 años (figura 3). El 65 % de la población de estudio es del sexo femenino, mientras que el 35 % es de sexo masculino. El 73 % de la población reconoce que tiene un problema actual de pérdida de cabello; el 67 % dice no tener antecedentes hereditarios de calvicie. El 75 % de personas considera que su estado de salud está en óptimas condiciones y el 25 % restante manifestó que la causa principal de no tener un estado de salud óptimo es por mala alimentación (50 %) mientras que el 40 % lo atribuye a cambios hormonales (figura 4). El 71 % de los encuestados dice usar, de forma constante, agentes químicos para la estética de su cabello. El 42 % de las personas encuestadas mencionó el uso de aparatos térmicos como planchas o secadoras para cabello o someterse a tratamientos que lo dañan. El 42 % de la población de estudio dice tener problemas de nerviosismo o estrés emocional y profesional.

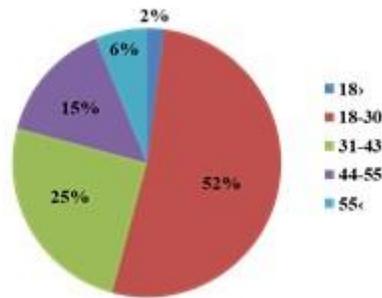


Fig. 3- Rango de edad de los participantes en la prueba de análisis sensorial

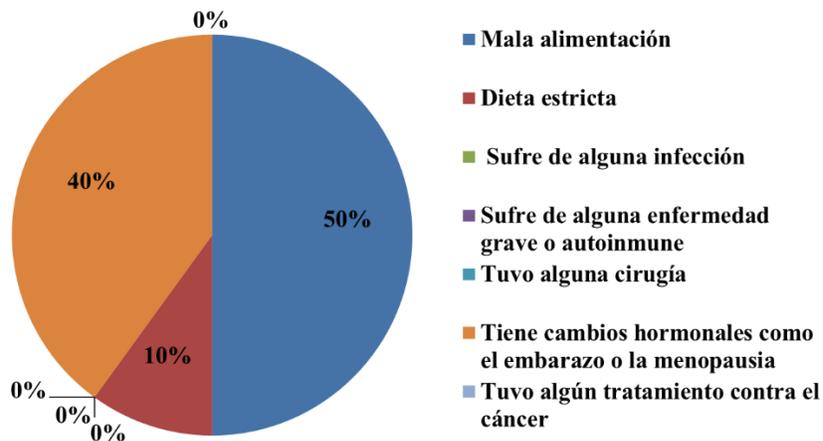


Fig. 4- Principales problemas que causan el no tener un estado de salud óptimo

Conclusiones

Se reformuló un champú incorporando tuétano de res en una concentración de 2,5 %, verificando que las características fisicoquímicas del producto cumplen con los parámetros establecidos para un champú. Se demostró una diferencia significativa en el efecto anticaída, al realizar el análisis estadístico de rango con signos en datos pareados y compararlo con el blanco (formulación sin tuétano). El 54 % de la población que realizó la prueba de aplicación durante 30 días de uso, refiere una disminución de pérdida de cabello, lo cual sugiere que los champús reformulados tienen un efecto positivo contra la alopecia.

Agradecimientos

La autora Gabriela Pineda Camacho agradece al IPN por el apoyo financiado a través de los programas COFAA y EDD.

Los autores aprecian y agradecen el apoyo de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional, por las facilidades brindadas para la realización de este proyecto.

Agradecimiento especial al M. en I. Alejandro Hernández Salazar por su colaboración en la traducción del resumen.

Agradecimiento especial al Mat. Daniel Villegas Estrada por su colaboración en el análisis estadístico.

Referencias bibliográficas

1. NIETO, C. NIETO. “El cabello en invierno: cuidados específicos”. *Farmacia Profesional*. 2014, **28**(5). 23-28. <https://www.elsevier.es/es-revista-farmacia-profesional-3-articulo-el-cabello-invierno-cuidados-especificos-X0213932414516590?referer=buscador>
2. HASSAN, A.; SANDANJER, T. M.; BRUSTAD, M. “Level of selected nutrients in meat, liver, tallow and bone marrow from semi-domesticated reindeer (*Rangifer t. tarandus* L.)”, *Int. J. Circumpolar Health.*, 2012, **71**(17887). 1-12. DOI: 10.3402/ijch.v71i0.17997
3. BARBED, L. A. (2003). “Champús y acondicionadores capilares Cuidado integral”. *Elsevier*, 75-82. Obtenido de <https://www.elsevier.es/es-revista-farmacia-profesional-3-articulo-champues-acondicionadores-capilares-13053073>

4. ROBBINS, C. R. "Interactions of shampoo and cr me rinse ingredients with human hair" [online]. En Clarence R. Robbins. *Chemical and Physical Behavior of Human Hair*, Fourth Edition. Berlin: Springer- Verlag, 2002. vol. 1, pp. 193-305. <https://doi.org/10.1007/0-387-21695-9>
5. FRUIJTIER-P LLOTH, C. "Safety assessment on polyethylene glycols (PEGs) and their derivatives as used in cosmetic products". *Toxicology*. 2005, 214(1-2), 1-38. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tox.2005.06.001>
6. PROSPECTOR, CUIDADO PERSONAL Y COSMÉTICOS, AMPHOSOL(R) IC. [fecha de consulta: 4 mayo 2022]. Disponible en: (<https://www.ulprospector.com/es/na/PersonalCare/Detail/516/60519/ AMPHOSOL-1C>)
7. CONJUNTO LAR DE MÉXICO S.A de C.V. (2017-2019) Distribuidor autorizado de materias primas. [fecha de consulta: 9 mayo 2022]. Disponible en: www.conjuntolar.com
8. SECRETARÍA DE ECONOMÍA. *Norma Mexicana* NMX-AA-008-SCFI-2016 - Análisis de agua.- Medición del pH en aguas naturales, residuales y residuales tratadas.-Método de Prueba- (cancela a la NMX-AA-008-SCFI-2011). 2016. México. 16 p. Disponible en: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166767/NMX-AA-008-SCFI-2016.pdf>
9. O'NEIL, J. M.; *The Merck index: An encyclopedia of chemicals, drugs and biologicals*. 14th Edition. Merck and Co., Whitehouse Station, 873. N.J 2006. ISBN: 9780911910001, 091191000X
10. DÍAZ RAMÍREZ, C. C.; VILLAFUERTE ROBLES, L. "Elementos que influyen la medición del efecto de electrolitos sobre la extensión de una gota de champú". *Rev. mex. cienc. farm* [online]. 2012, 43(2), 31-45. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-01952012000200004&lng=en&nrm=iso>. ISSN 1870-0195
11. Campus virtual - Facultad de Farmacia y Bioquímica. "Viscosimetría" [en línea]. En: Física 2020, 1er cuatrimestre. Universidad de Buenos Aires. [fecha de consulta: 28 Julio 2022]. Disponible en: Recorrido: Viscosimetría: Viscosímetro capilar (Viscosímetro de Ostwald) (uba.ar)
12. N N EZ, J. E. "Guía para la preparación de proyectos de servicios públicos municipales" [en línea]. México: INAP - Instituto Nacional de Administración Pública, 1997 [fecha de consulta: 13 julio 2022] Disponible en: <http://hdl.handle.net/11285/574366>. ISBN 2015-08-17T13:08:20Z.

13. LIRIA DOMÍNGUEZ, M. R. “Guía para la evaluación sensorial de alimentos” Lima: 2007. 44 p.
https://www.academia.edu/33145829/Gu%C3%ADa_para_la_Evaluaci%C3%B3n_Sensorial_de_Alimentos
14. DEVORE, J. L. *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias* 9a Edición. México: Cengage Learning Editores, S.A. de C.V. 2016. 712p. [fecha de consulta: 1ro agosto 2022]. Disponible en:
<https://intranetua.uantof.cl/facultades/csbasicas/matematicas/academicos/jreyes/DOCENCIA/APUNTES/APUNTES%20PDF/Probabilidad%20y%20Estadistica%20para%20Ingenieria%20y%20Ciencias%20-%20Jay%20Devore%20-%20Septima%20Edicion.pdf>, ISBN: 978-1-305-25180-9
15. WALPOLE, R. E.; MYERS, R. H.; MYERS, S. L.; YE, K. Estadística no paramétrica. En: Walpole, R. E.; Myers, R. H.; Myers, S. L.; Ye, K. *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias*. 9na. Edición. México: Pearson Educación, 2012. p 660-670. ISBN: 978-607-32-1417-9.
16. ALBERT, S. “¿Qué es el tuétano?” Productos gourmet. 2013. [fecha de consulta: 20 abril 2022]. Disponible en: <https://www.verema.com/blog/productos-gastronomicos/1045789-que-tuetano>.
17. JASSIR, U. E. “Neuroimágenes en la investigación de mercados”. *Pensamiento & Gestión*. 2009, **26**. [fecha de consulta: 22 junio 2022]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/pege/n26/n26a04.pdf>

Conflicto de intereses

Los autores expresan que no hay conflicto de intereses en el manuscrito presentado.

Contribución de autores

En la redacción y preparación del borrador original todos los autores han leído y están de acuerdo con la versión del manuscrito.

De acuerdo con los rubros considerados, la contribución de los autores es la siguiente:

1. Conceptualización: Uriel Arroyo Cruz.

2. Curación de contenido de datos: Leticia Martha Raymundo Núñez y Gabriela Pineda Camacho.
3. Análisis formal de datos: Leticia Martha Raymundo Núñez y Gabriela Pineda Camacho.
4. Adquisición de los fondos: Uriel Arroyo Cruz, Leticia Martha Raymundo Núñez, Gabriela Pineda Camacho y Financiamiento por proyecto SIP.
5. Investigación: todos los autores.
6. Metodología: Uriel Arroyo Cruz, Leticia Martha Raymundo Núñez y Gabriela Pineda Camacho.
7. Administración de proyecto: Leticia Martha Raymundo Núñez y Gabriela Pineda Camacho
8. Recursos materiales: todos los autores y la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas IPN.
9. Supervisión: todos los autores.
10. Validación: todos los autores.
11. Visualización: todos los autores.
12. Redacción borrador original: todos los autores.
13. Redacción, revisión y edición: todos los autores.