



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

**FORMULACIÓN DE CHAMPÚ A BASE DE EXTRACTO DE ESCOBILLO (*Sida acuta burm*)
PARA SU APLICACIÓN EN EL CRECIMIENTO Y REDUCCIÓN EN LA CAÍDA DE CABELLO**

María Fernanda Alburéz Hernández

Asesorado por el Inga. Mercedes Esther Roquel Chávez

Guatemala, octubre de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**FORMULACIÓN DE CHAMPÚ A BASE DE EXTRACTO DE ESCOBILLO (*Sida acuta burm*)
PARA SU APLICACIÓN EN EL CRECIMIENTO Y REDUCCIÓN EN LA CAÍDA DE CABELLO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

MARÍA FERNANDA ALBURÉZ HERNÁNDEZ
ASESORADO POR LA INGA. MERCEDES ESTHER ROQUEL CHÁVEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA QUÍMICA

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. José Francisco Gómez Rivera (a.i.)
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Ing. Kevin Vladimir Armando Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADORA	Inga. Adela María Marroquín Gonzalez
EXAMINADOR	Inga. Ana Gloria Montes Peña
EXAMINADOR	Ing. Mario José Mérida Meré
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**FORMULACIÓN DE CHAMPÚ A BASE DE EXTRACTO DE ESCOBILLO (*Sida acuta burm*)
PARA SU APLICACIÓN EN EL CRECIMIENTO Y REDUCCIÓN EN LA CAÍDA DE CABELLO**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha 15 de julio del 2021.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'M. F. Alburéz Hernández', with a horizontal line underneath and three short horizontal strokes to the right.

María Fernanda Alburéz Hernández

Ingeniero
Williams Guillermo Álvarez Mejía
DIRECTOR
Escuela Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería
Universidad San Carlos de Guatemala
Presente.

Estimado Ingeniero Williams:

Por este medio, hago constar que yo, la ingeniera Mercedes Esther Roquel Chávez, con el colegiado numero un mil cuatrocientos cincuenta y uno (1451), doy como visto bueno al desarrollo del trabajo de investigación final de graduación del alumno María Fernanda Alburéz Hernández, identificada con CUI 3017734320101, alumna a quien he podido apoyar como asesor de su protocolo de tesis.

Dado por concluido el desarrollo de la misma investigación y planteando las soluciones inmediatas y efectivas para el beneficio de la institución donde se desarrolló la misma.

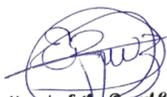
Doy por concluido de forma eficiente ante mi persona el desarrollo de su trabajo de investigación, como tema: FORMULACIÓN DE CHAMPÚ A BASE DE EXTRACTO DE ESCOBILLO (*Sida acuta burm*) PARA SU APLICACIÓN EN EL CRECIMIENTO Y REDUCCIÓN EN LA CAÍDA DE CABELLO.

Línea de investigación: Química de productos naturales orgánicos

Área: Química Orgánica

Aprovecho la oportunidad para expresarle mi consideración.

Atentamente.



Mercedes Esther Roquel Chávez
Ingeniera Química
Colegiado No. 1,451

Mercedes Esther Roquel Chávez

Colegiado activo no. 1451



Guatemala, 25 de julio de 2023.
Ref. EIQ.TG-IF.015.2023.

Ingeniero
Williams Guillermo Álvarez Mejía
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería

Estimado Ingeniero Álvarez:

Como consta en el registro de evaluación, correlativo **020-2021**, le informo que reunidos los Miembros de la Terna nombrada por la Escuela de Ingeniería Química, se practicó la revisión del:

INFORME FINAL

Solicitado por el estudiante universitario: **María Fernanda Alburéz Hernández**.
Identificado con número de carné: **3017734320101**.
Identificado con registro académico: **201602482**.
Previo a optar al título de la carrera: **Ingeniería Química**.
En la modalidad: **TESIS (Informe Final, Seminario de Investigación)**.

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

FORMULACIÓN DE CHAMPÚ A BASE DE EXTRACTO DE ESCOBILLO (*Sida acuta burm*) PARA SU APLICACIÓN EN EL CRECIMIENTO Y REDUCCIÓN EN LA CAÍDA DE CABELLO

El Trabajo de Graduación ha sido asesorado por:

Mercedes Esther Roquel Chávez, profesional de la Ingeniería Química

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

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Jorge Rodolfo García Calderón
profesional de la Ingeniería Química
COORDINADOR DE TERNA
Tribunal de Revisión
Trabajo de Graduación



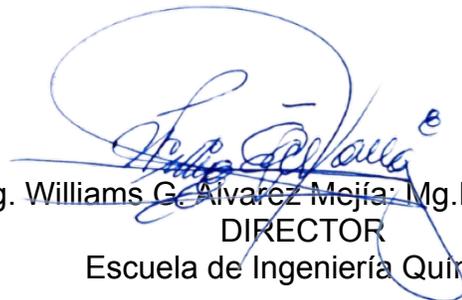
C.c.: archivo



LNG.DIRECTOR.207.EIQ.2023

El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador de Área y aprobación del área de lingüística del trabajo de graduación titulado: **FORMULACIÓN DE CHAMPÚ A BASE DE EXTRACTO DE ESCOBILLO (*Sida acuta burm*) PARA SU APLICACIÓN EN EL CRECIMIENTO Y REDUCCIÓN EN LA CAÍDA DE CABELLOS DE GUATEMALA**, presentado por: **María Fernanda Alburéz Hernández**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería.

“Id y Enseñad a Todos”



Ing. Williams G. Alvarez Mejia: Mg.I.Q., M.U.I.E.
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química



Guatemala, octubre de 2023.



Decanato
Facultad de Ingeniería
24189101- 24189102
secretariadecanato@ingenieria.usac.edu.gt

LNG.DECANATO.OI.694.2023

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al Trabajo de Graduación titulado: **FORMULACIÓN DE CHAMPÚ A BASE DE EXTRACTO DE ESCOBILLO (*Sida acuta burm*) PARA SU APLICACIÓN EN EL CRECIMIENTO Y REDUCCIÓN EN LA CAÍDA DE CABELLO**, presentado por: **María Fernanda Alburéz Hernández**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. José Francisco Gómez Rivera

Decano a.i.

Guatemala, octubre de 2023

JFGR/gaoc

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por ser mi guía, darme la fortaleza para superar cada obstáculo, darme sabiduría, entendimiento y amor.
- Mis padres** Oscar Alburéz y Ana Hernández, por ser unos padres maravillosos que han creído en mí siempre, dándome el ejemplo de humildad y superación, lo que ha contribuido a la consecución de este logro.
- Mis hermanas** Clara y Marianela Alburéz, por brindarme su amor y apoyo incondicional.
- Mis abuelos** María Guevara, Jorge Alburéz, Clara Ventura y Rufino Hernández, que a pesar que no todos estén aun físicamente conmigo, les dedico este triunfo en su memoria, y a los que están gracias por brindarme siempre su amor y consejos.
- Mis tíos y primos** Por animarme siempre a seguir adelante.
- Mis amigas y amigos** Quienes tengo la fortuna de tener en mi vida y me han brindado su apoyo incondicional.

Mis catedráticos

Por sus conocimientos, enseñanzas y consejos, los cuales llevaré muy presentes como profesional.

Mi asesora de tesis

Inga. Mercedes Esther Roquel Chávez, por su apoyo y colaboración para esta investigación.

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por ser mi casa de estudios y permitirme culminar a través de la Facultad de Ingeniería mis estudios superiores.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por guiarme y darme fortaleza en las dificultades para poder cumplir este sueño.
Mis padres	Oscar Alburéz y Ana Hernández.
Mis hermanas	Clara y Marianela Alburéz.
Mis abuelos	María Guevara, Jorge Alburéz, Clara Ventura y Rufino Hernández.
Mis catedráticos	Mercedes Esther Roquel Chávez, Mario José Mérida Meré, por su apoyo y colaboración en esta investigación, y Adela María Marroquín González, por su apoyo y consejos.
Universidad de San Carlos de Guatemala	En especial a la Facultad de Ingeniería y Escuela de Ingeniería Química.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XI
OBJETIVOS.....	XIII
HIPÓTESIS.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	XVII
1. ANTECEDENTES GENERALES.....	1
2. MARCO TEÓRICO	5
2.1. El cabello.....	5
2.2. Generalidades y enfermedades más comunes de la caída del cabello.....	9
2.2.1. Generalidades	9
2.2.1.1. Ciclo de crecimiento	10
2.2.1.2. Patologías principales	11
2.3. La preparación de un cosmético.....	13
2.3.1. Clasificación de los tipos de tensoactivos.....	14
2.3.1.1. Aniónicos	14
2.3.1.2. Catiónicos.....	14
2.3.1.3. Inónicos	15
2.3.1.4. Anfotéricos.....	15
2.4. Formulación del champú a base de escobillo	15
2.5. Generalidades del escobillo.....	16

2.5.1.	Ventajas de la utilización del escobillo para la formulación del champú	17
2.5.2.	Descripción botánica	17
2.5.3.	Partes utilizadas de la planta	18
2.5.4.	Uso medicinal reportado en el área de estudio	18
2.5.5.	Para la caída del cabello	18
2.5.6.	Composición química de la hoja	18
2.5.7.	Betaína	20
2.5.8.	Metionina	21
2.6.	Generalidades de la prueba hedónica.....	21
2.6.1.	Eritema	23
2.6.2.	Edema	24
3.	MARCO METODOLÓGICO.....	25
3.1.	Localización	25
3.2.	Variables	25
3.2.1.	Variables independientes	25
3.2.2.	Variables dependientes.....	26
3.3.	Delimitación del campo de estudio.....	27
3.3.1.	Obtención de la materia prima	27
3.3.2.	Elaboración del extracto de escobillo.....	27
3.3.3.	Diseño y elaboración del champú de escobillo.....	27
3.3.4.	Realización de la prueba hedónica sobre la irritabilidad del champú	27
3.3.5.	Realización de la verificación de la reducción de la caída del cabello.....	28
3.4.	Recursos humanos disponibles.....	28
3.5.	Recursos materiales disponibles (equipo, cristalería, reactivos)	28

3.6.	Técnica mixta (cualitativa y cuantitativa)	29
3.6.1.	Procedimiento.....	30
3.7.	Recolección y ordenamiento de la información.....	36
3.8.	Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información	40
3.9.	Análisis estadístico	47
3.9.1.	Diseño experimental.....	47
3.9.2.	Análisis estadístico	49
3.10.	Plan de análisis de los resultados	52
3.10.1.	Métodos y modelos de los datos según el tipo de variable	52
3.10.2.	Programas por utilizar para el procesamiento de datos	53
4.	RESULTADOS.....	55
5.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	63
	CONCLUSIONES.....	67
	RECOMENDACIONES.....	69
	REFERENCIA.....	71
	APENDICES	75
	ANEXO	85

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

Figura 1.	α -queratina. Dos hélices α	7
Figura 2.	Forma de un tensoactivo.....	14
Figura 3.	Aspecto de un eritema en el cuero cabelludo.....	23
Figura 4.	Manifestación de un edema	24
Figura 5.	Diagrama de clasificación de las muestras de extracto obtenidas.....	48
Figura 6.	Diagrama de clasificación de las muestras.....	49

TABLAS

Tabla 1.	Aminoácidos esenciales.....	5
Tabla 2.	Sistema de clasificación de reacciones cutáneas	22
Tabla 3.	Variables independientes para un proceso de la formulación del champú.....	26
Tabla 4.	Variables independientes para el proceso de la formulación del champú.....	26
Tabla 5.	Materias primas y reactivos	29
Tabla 6.	Cristalería y equipo	29
Tabla 7.	Preparación del extracto de escobillo	36
Tabla 8.	Elaboración del champú.....	36
Tabla 9.	Determinación de la densidad de la formulación del champú	37
Tabla 10.	Determinación de la reducción de la caída del cabello	37
Tabla 11.	Prueba hedónica	38

Tabla 12.	Determinación del rendimiento	41
Tabla 13.	Determinación de la densidad	41
Tabla 14.	Prueba hedónica formación de edema	42
Tabla 15.	Prueba hedónica formación de eritema y escara	44
Tabla 16.	Cantidad de cabellos caídos obtenidos con etanol al 70 %	46
Tabla 17.	Cantidad de cabellos caídos con la aplicación del champú con etanol al 95 %	46
Tabla 18.	Rendimiento de la extracción de la hoja de la planta de escobillo	55
Tabla 19.	Densidad de la formulación del champú de escobillo	55
Tabla 20.	Prueba hedónica formación de edema	56
Tabla 21.	Prueba hedónica formación de eritema y escara	58
Tabla 22.	Cantidad de cabellos caídos con etanol al 70 %	60
Tabla 23.	Cantidad de cabellos caídos con etanol al 95 %	60

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
X	Dato de cada corrida
ρ	Densidad (g/mL)
H_a	Hipótesis alterna
H_0	Hipótesis nula
m	Masa (g)
μ_i	Media
s	Mega Bite
n	Número de corridas
w_f	Peso final del solvente con el extracto obtenido después de la filtración menos el peso inicial del solvente.
w_i	Peso inicial de las hojas
%	Porcentaje
SCD	Variación entre los grupos
STC	Variación total
V	Volumen (mL)

GLOSARIO

Alcohol	Derivado hidroxilado de un hidrocarburo parafínico o cicloparafínico, en donde el grupo OH está ligado a un átomo de carbono saturado.
Champú	Jabón líquido que se usa para lavar el cabello.
Enlace peptídico	El enlace peptídico es un enlace de tipo amida entre el grupo amino de un aminoácido y el grupo carboxilo de otro aminoácido. Los péptidos y las proteínas están formados por la unión de aminoácidos mediante enlaces peptídicos.
Extracto	Son productos obtenidos por agotamiento, a frío o a caliente, a partir de productos de origen animal, vegetal o microbiano con solventes permitidos. Deben contener los principios sápidos aromáticos volátiles y fijos correspondientes al respectivo producto natural.
Folículo piloso	Hueco o abertura en la superficie de la piel a través de la que crece el cabello.
Hipótesis	Suposición hecha a partir de unos datos que sirve de base para iniciar una investigación o una argumentación.

Maceración dinámica	Es un proceso de extracción sólido-líquido. El producto sólido (materia prima), posee una serie de compuestos solubles en el líquido extractor que son los que se pretende extraer, agregándole agitación.
Proteína fibrosa	Proteínas donde la longitud predomina sobre las otras dimensiones gracias al predominio de un tipo de estructura proteica secundaria.
Proteínas	Macromoléculas formadas por cadenas lineales de aminoácidos. Las proteínas están formadas por aminoácidos y esta secuencia está determinada por la secuencia de nucleótidos de su gen correspondiente.

RESUMEN

El presente estudio de investigación tuvo como objetivo elaborar la formulación de un champú para obtener beneficios en el crecimiento y reducir caída del cabello a base de escobillo (*Sida acuta burm*).

Se tuvo la principal finalidad de obtener el extracto etanólico de la hoja de la planta de escobillo (*Sida acuta burm*), por medio de una maceración dinámica donde se varió la concentración del alcohol etílico, utilizando al 70 % y 95 %. Luego se analizó con unas pruebas de identificación de aminoácidos la presencia de la betaína, las cuales dieron positivo.

Seguidamente se procedió en formular el champú variando sus concentraciones en masa, utilizando 2.34 % y 4 %, luego se determinó si éste produce una irritación cutánea basándose en la Norma ISO 10993-10, aplicándolo a un grupo de diez personas de diferentes edades en el rango de jóvenes y adultos, realizando el análisis con un sistema de clasificación de reacciones cutáneas en la primera aplicación y posteriormente categorizándolo por medio de una puntuación para determinar si existió algún tipo de irritación insignificante o grave, para que de esta forma se pudo verificar la seguridad para la utilización del champú.

Luego se determinó el efecto que tiene la formulación del champú en la reducción de la caída del cabello con la muestra de 10 personas, utilizando la estandarización del recuento de cabellos de los sesenta segundos verificando si se obtuvo una disminución en la caída del cabello.

Se obtuvo un rendimiento de extracción del 30.3 % al utilizar etanol al 70 % y 58.0 % al utilizar etanol al 95 %, para ambas extracciones se obtuvieron resultados positivos en las pruebas de identificación de aminoácidos. Así mismo, como resultado de las pruebas hedónicas se analizó que no existe irritación al aplicar el champú. De esta forma fue posible el análisis de la reducción de la caída del cabello en la muestra de 10 personas, obteniendo que, a mayor porcentaje de masa del extracto en la formulación del champú, se obtuvo una mayor reducción en la caída del cabello, de igual forma, al utilizar el extracto obtenido al 95 % de etanol se obtuvieron mayores resultados que al utilizar el extracto con el etanol al 70 %.

La fase extracción del extracto etanólico de escobillo y el análisis de las pruebas de identificación de aminoácidos, la presencia de la betaína se realizó en el Laboratorio de Química de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad San Carlos de Guatemala. Así mismo, la fase experimental de la aplicación del champú, se realizó en la vivienda de cada persona muestreada por seguridad de la enfermedad presente COVID- 19.

OBJETIVOS

General

Formular un champú a base de extracto de escobillo (*Sida acuta burm*) para su aplicación en el crecimiento y reducción en la caída del cabello.

Específicos

1. Cuantificar el porcentaje de rendimiento para la obtención del extracto de la hoja de la planta de escobillo (*Sida acuta burm*) variando la concentración del alcohol etílico, y conocer los componentes químicos que otorgan el beneficio en el crecimiento y reducción de la caída del cabello en este extracto.
2. Elaborar un champú a base del extracto de la hoja de la planta de escobillo (*Sida acuta burm*) variando la concentración del extracto.
3. Determinar el efecto que proporciona la formulación del champú a base del extracto de la hoja de la planta de escobillo (*Sida acuta burm*) sobre la irritación cutánea basado en la norma ISO 10993-10.
4. Verificar el efecto que proporciona la formulación del champú a base del extracto de la hoja de la planta de escobillo (*Sida acuta burm*) sobre la caída del cabello, a partir de la estandarización del recuento de cabellos de sesenta segundos.

HIPÓTESIS

Se obtienen beneficios en el crecimiento y la caída del cabello en la formulación de champú a base del extracto de la hoja de la planta de escobillo (*Sida acuta burm*).

- Hipótesis estadísticas:
 - Ha: existe diferencia significativa en el rendimiento para la obtención del extracto de la hoja de la planta de escobillo (*Sida acuta burm*) al variar el tiempo y el solvente.
 - Ho: no existe diferencia significativa en el rendimiento para la obtención del extracto de la hoja de la planta de escobillo (*Sida acuta burm*) al variar el tiempo y el solvente.
 - Ha: existe diferencia significativa en la densidad en la formulación del champú a base del extracto de la hoja de la planta de escobillo (*Sida acuta burm*) al variar la concentración del extracto.
 - Ho: no existe diferencia significativa en la densidad en la formulación del champú a base del extracto de la hoja de la planta de escobillo (*Sida acuta burm*), al variar la concentración del extracto.

INTRODUCCIÓN

El cabello es una fibra compuesta de proteínas. En el cuerpo humano existen diferentes clases de proteínas, las cuales tiene como base a los aminoácidos. Los aminoácidos son compuestos orgánicos que tienen en su estructura dos grupos funcionales: un grupo carboxilo (-COOH), y un amino (-NH₂), así como también los humanos pueden sintetizar casi la mitad de los aminoácidos necesarios para formarlas; otros aminoácidos, llamados aminoácidos esenciales, deben suministrarse en la dieta. (Gordillo y Quiroz, 2018). Por lo que la administración de proteínas en el lavado del cabello puede fortalecer las bases del mismo.

En la actualidad personas padecen de la pérdida del cabello, debido al déficit de proteína, hierro, zinc, calcio, entre otros, y también por estrés o problemas hormonales (Samaniego y Fuertes, 2017). Provocando un deterioro en la cantidad del cabello, y en la falta del crecimiento del mismo, dando una percepción de pérdida de salud y un estado de debilitamiento físico y mental, generando un estrés psicológico que a su vez puede estar asociado con el aumento de este problema (Schmitt, Ferrari, de Mello, Delledone & Lemos, 2012).

Sin embargo, hay métodos para la caída del cabello como aplicación de tratamientos que incorporan terapias de medicamentos o restauraciones del mismo guiándose por los patrones de la pérdida del cabello (Parsley, 2004), debido a sus costos elevados muchas personas no tienen acceso a los mismos.

El impacto de este proyecto consiste en formular un champú a base de extracto de escobillo. Teniendo como objetivo en esta investigación formular un champú a base del extracto de hoja de la planta del escobillo (*Sida acuta burm*), con el fin de obtener beneficios en el crecimiento y combatir el problema de la caída del cabello.

1. ANTECEDENTES GENERALES

En la Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Ciudad Universitaria, Del. Coyoacán, México, se ha realizado el estudio de investigación Química de cosméticos, teniendo como objetivo la enseñanza de algunas preparaciones cosméticos, dando la base para su elaboración. Los resultados del estudio fueron las bases para la elaboración de los cosméticos para la piel, cabello y uñas (Gordillo y Quiroz, 2018).

En la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, facultad de Farmacia y Bioquímica, Lima, Perú, se realizó el estudio Diseño y formulación de un champú a base de extracto alcohólico de *Urtica urens L.* para su aplicación contra la caída del cabello, teniendo como objetivo el diseño y elaboración del champú, determinando si no causaba irritabilidad y probar la actividad del champú en la caída del cabello. Los resultados del estudio fueron que no causaba irritabilidad y se obtuvo que el tratamiento contra la caída del cabello logró una mejora mayor de 50 % a la concentración de extracto alcohólico de 2 % (Samaniego y Fuertes, 2017).

En la Hospital Evangélico Docente de Curitiba, Brasil, en la Unidad de Dermatología, se llevó a cabo el estudio Percepción de la caída del cabello y síntomas de depresión en pacientes ambulatorias que asisten a una clínica de dermatología general, cuyo objetivo era investigar a pacientes dermatológicos con respecto a la prevalencia de quejas de pérdida de cabello y la asociación entre estas quejas y síntomas de depresión. Los resultados del estudio fueron de las 157 mujeres entrevistadas, el 54 % informó pérdida de cabello y el 29 % informó al menos dos síntomas clave de depresión. La mediana de edad (IQD),

de las mujeres fue de 51 (20) años. Las quejas de caída del cabello se asociaron con la presencia de síntomas de depresión (Schmitt *et al.*, 2012).

En la Universidad Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Brasil, se ha realizado el estudio Efectos de las variaciones estacionales sobre la emergencia de *Solanum viarum* y *Sida rhombifolia* a diferentes profundidades de siembra, cuyo objetivo del estudio ha sido determinar los efectos que tienen las diferentes estaciones del año y la profundidad a la que se siembra la planta sobre la germinación de *Solanum viarum* y *Sida rhombifolia*. Los resultados que se obtuvieron fueron que la emergencia de *Sida rhombifolia* estuvo influenciada por ambas temporadas (septiembre de 2008 y enero de 2009), y el mayor porcentaje de emergencia ocurrió para semillas ubicadas entre 1 y 4 cm de profundidad, independientemente de la época de siembra; para *Solanum viarum*, se observó que el tiempo de siembra mostró una fuerte relación con la emergencia, a profundidades entre 1 y 5 cm, observándose una reducción de emergencia solo para semillas ubicadas en la superficie del suelo (Souza, Casari, Liberato y da Costa, 2012).

En la Universidad San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, se ha realizado la investigación Estudio de las plantas medicinales conocidas por la población de la comunidad de primavera, del municipio de Ixcán, Quiché, utilizando técnicas etnobotánicas, cuyo objetivo era contribuir a la sistematización de la información etnobotánica, etnomédica y agroecológica de las plantas medicinales utilizadas por la población de la comunidad de primavera del municipio de Ixcán, Quiché. Se obtuvo como resultado la sistematización de la información de 73 especies de plantas con características medicinales, entre ellas se encuentra al escobillo, en donde se puede observar la condición agronómica, hábito de crecimiento, abundancia, origen del mismo y sus

beneficios para la salud; de esta forma se observa que, en su mayoría, las plantas estudiadas son herbáceas y silvestres (Rodríguez, 2008).

En el departamento de Dermatología de la Facultad de Medicina de Baylor, Houston, Texas, EE. UU, se realizó el estudio de investigación titulado *Estandarizando el recuento de cabello de 60 segundos*, el objetivo fue definir el rango de normalidad para un recuento de cabello estandarizado de 60 segundos en hombres sin alopecia. Se obtuvo como resultado que, entre los hombres de 20 a 40 años, el rango de caída fue de 0 a 78 cabellos, con una media de 10.2 cabellos. Entre los hombres de 41 a 60 años, el rango fue de 0 a 43 cabellos, con una media de 10.3 cabellos. Se encontró una baja variabilidad intrapaciente para el recuento de cabello en ambos grupos de edad, lo que indica resultados consistentes en días consecutivos para todos los participantes. Cuando se repitió 6 meses después en ambos grupos de edad, el recuento de cabello no cambió mucho. Un conteo de cabello de 60 segundos realizado correctamente es una herramienta simple, práctica y confiable para la evaluación de la caída del cabello (Wasko, Mackley, Sperling, Mauger & Mille, 2008).

En la Universidad San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, se ha realizado el estudio de Etnobotánica con énfasis en el aspecto agronómico de las plantas medicinales usadas por el grupo étnico K'aqchikel en el municipio de Tecpán Guatemala, Chimaltenango, cuyo objetivo de la investigación ha sido efectuar un estudio exploratorio de los procesos culturales, botánicos, ecológicos, antropológicos de la salud y agronómicos que se llevan a cabo en el campo de las plantas medicinales con el grupo étnico K'aqchikel de Tecpán Guatemala. Se obtuvo como resultado el reporte de 172 plantas con función medicinal, siendo el 37 % cultivada, 37 % silvestres y el 26 % que algunas veces son cultivadas y otras silvestres, entre las plantas estudiadas se encuentra el escobillo, donde se ha realizado un análisis proximal para obtener la composición química de la hoja,

además se da a conocer el origen, la descripción botánica, los usos medicinales y formas de preparación, farmacología y los aspectos agronómicos (Lemus, 1999).

2. MARCO TEÓRICO

2.1. El cabello

El cabello es una fibra compuesta de proteínas. En el cuerpo humano existen diferentes clases de proteínas, las cuales tiene como base a los aminoácidos. Los aminoácidos son compuestos orgánicos que tienen en su estructura dos grupos funcionales: un grupo carboxilo (-COOH), y un amino (-NH₂) (Gordillo y Quiroz, 2018).

Para elaborar una proteína los humanos pueden sintetizar casi la mitad de los aminoácidos necesarios para formarlas. Otros aminoácidos, llamados aminoácidos esenciales, deben suministrarse en la dieta. Los diez aminoácidos esenciales son los siguientes:

Tabla 1.

Aminoácidos esenciales

Nombre	Símbolo	Abreviación	Estructura	Grupo funcional en la cadena lateral
Valina	V	Val	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH} \\ / \quad \backslash \\ \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \end{array}$	Grupo alquilo
Fuente LLeucina	L	Leu	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	Grupo alquilo

Continuación de la tabla 1.

Nombre	Símbolo	Abreviación	Estructura	Grupo funcional en la cadena lateral
Isoleucina	I	Ile	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_2\text{CH}_3 \end{array}$	Grupo alquilo
Fenilalanina	F	Fen	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}_2-\text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$	Grupo aromático
Treonina	T	Tre	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{HO}-\text{CH}-\text{CH}_3 \end{array}$	Grupo hidroxilo
Metionina	M	Met	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{S}-\text{CH}_3 \end{array}$	Sulfuro
Triptófano	W	Trp	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{Indol} \end{array}$	indol
Lisina	K	Lis	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}_2 \end{array}$	Grupo amino
Arginina	R	Arg	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}-\text{C}-\text{NH}_2 \\ \\ \text{NH} \end{array}$	Grupo guanidino
Histidina	H	His	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{Imidazol} \end{array}$	Anillo de imidazol

Nota. Enlistado de los aminoácidos esenciales. Adaptado de L. Wade (2012). *Química Orgánica Volumen 2*. (p. 1155). Pearson Educación.

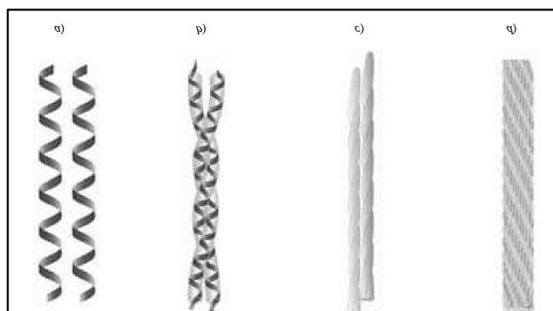
Ya que las proteínas se forman por enlaces peptídicos, éstas son consideradas como polipéptidos grandes cuya secuencia de aminoácidos proporciona la estructura primaria de la proteína.

En su estudio acerca de las proteínas menciona Carey (2006):

Las proteínas fibrosas, al ser insolubles en agua, tienen con frecuencia una función estructural de protección. Las proteínas fibrosas más conocidas son las queratinas y el colágeno. La α -queratina (figura 1), se basa en la estructura secundaria en hélice α , y es el componente estructural proteínico del cabello. La L-cisteína es muy abundante en las queratinas, pueden ser más de 20 % de los aminoácidos presentes. (p. 1165)

Figura 1.

α -queratina. Dos hélices α



Nota. Se combinan para formar una espiral enrollada b). Un par de espirales enrolladas es un protofilamento c). Cuatro protofilamentos forman un filamento d), que es el material estructural con el que se ensambla la proteína fibrosa. Obtenido de A. Carey (2006). *Química Orgánica*. (p. 1165). Mc Graw Hill.

Afirman Gordillo y Quiroz (2018):

La abundancia de la cisteína en las queratinas hace que esta sea una diferencia importante entre la queratina del cabello y otras proteínas. Este aminoácido juega un papel importante en la estructura del cabello, esto se debe a que la resistencia de éste se debe a los puentes constituidos entre las diferentes cadenas de proteína, tal como los puentes de hidrogeno y el enlace disulfuro.

Así mismo, las cadenas de los aminoácidos se pueden atraer entre sí por una interacción iónica; siendo estas interacciones más importantes conforme el pH es más bajo (menor o igual a 4.1) y a estos niveles de pH la queratina se contrae. Por otro lado, el pH se mantiene arriba de 4.1, la queratina se hincha y se torna suave, como consecuencia se observa un rompimiento de los enlaces iónicos cruzados debido al pH elevado. Siendo este un aspecto importante de la química del cabello, ya que el agua y muchos champús tienen un pH arriba de 4.

Los champús son preparados cosméticos destinados a la limpieza del cabello y que se componen de detergentes líquidos y de algunos aditivos que tienen la finalidad de proporcionar brillo y suavidad. (p. 25-26).

2.2. Generalidades y enfermedades más comunes de la caída del cabello

A continuación, se habla sobre las generalidades del cabello, y las enfermedades más comunes que se pueden encontrar en él.

2.2.1. Generalidades

El cabello se considera uno de los anexos más importantes de la piel ya que la cubre casi en su totalidad. Cuenta con múltiples funciones, como lo son: la protección en contra de elementos externos, dispersión de productos provenientes de las glándulas sebáceas, funciones sensitivas, importancia psicosocial, el aislamiento del calor y el enfriamiento, así como proteger a la piel del cuero cabelludo de los efectos de la luz ultravioleta.

En su estudio indican Castañeda y López (2018):

El cuerpo hay 2 tipos de cabello: los cabellos vellosos, que son blandos, finos, cortos y pálidos, y los cabellos terminales, que son grandes, gruesos, largos y son estructuras queratinizadas. De acuerdo con su localización anatómica los folículos pilosos pueden variar en tamaño y forma, pero cuentan con la misma estructura general. El complejo pilosebáceo está constituido por los siguientes elementos. (p. 49)

- **Folículo piloso:** es una invaginación de células basales hacia la dermis, lo que forma un saco. La raíz del pelo está compuesta por las células de la matriz que son las que darán lugar al ciclo de crecimiento del cabello.

- Pelo: está compuesto por la médula (es el centro y sólo se encuentra en el pelo grueso), la corteza y la cutícula (células periféricas). Al desplazarse las células de la corteza hacia la superficie, se sintetizan filamentos de queratina y gránulos de trichialina. Los melanocitos se encuentran con las células de la matriz cerca de la papila; éstas transfieren melanosomas a las células de la corteza y confieren color al cabello.
- Músculo piloerector: son células de músculo liso que se extienden del tallo del folículo piloso a la capa papilar de la dermis y que al contraerse elevan el tallo del cabello y su piel circundante.

2.2.1.1. Ciclo de crecimiento

El pelo cuenta con un ciclo de crecimiento que involucra 3 fases distintas, que en el humano no son sincrónicas, lo que previene una pérdida masiva de cabello.

Acerca del ciclo de crecimiento, en su estudio afirman Castañeda y López (2018):

- Anágena (crecimiento activo). Dura de 2 a 6 años. El 90-95 % de los cabellos del cuero cabelludo se encontrarán en esta fase.
- Catágena (involución). Dura de 2 a 3 semanas. El 1-2 % de los cabellos del cuero cabelludo se encontrarán en esta fase.

- Telógena (descanso). Dura de 2 a 3 meses. El 10-15 % de los cabellos del cuero cabelludo se encontrarán en esta fase que se caracteriza por cabellos en clava, más queratinizado en la porción proximal.

Aproximadamente cada día el cabello crece 0.35 mm (aproximadamente 15 mm/año) con recambio aproximado de 20-30 pelos al día y el ciclo normal resulta en el reemplazo de todos los cabellos del cuero cabelludo en un lapso de 3 a 5 años. (p. 49)

2.2.1.2. Patologías principales

Las patologías principales se definen a continuación, indicando una breve descripción de cada una.

- Alopecia areata

La alopecia areata es una enfermedad inflamatoria crónica que lleva a una pérdida total y localizada de pelo con distintos grados de extensión. La prevalencia es del 0.1-0.2 % y se presenta en niños y adultos, aunque es más común en menores de 30 años (hasta 66 %) y no hay predilección por algún sexo. Su presencia se ha relacionado con otras enfermedades autoinmunes, entre ellas el lupus eritematoso sistémico, vitíligo y en mayor proporción afecciones tiroideas autoinmunes.

- Alopecia androgénica

Es una miniaturización en el tamaño del folículo piloso, progresiva, no cicatrizal, que sigue un patrón característico en individuos con predisposición genética. Es la patología del pelo más común, puede afectar a hombres y a mujeres y es de particular importancia debido a la disminución en la calidad de vida referida por los pacientes.

- Efluvio telógeno

Es una pérdida difusa de pelo de cuero cabelludo, no cicatrizal que suele suceder 2-3 meses posterior a el evento detonante y la pérdida normalmente no involucra más que el 50 % del pelo de la piel cabelluda.

- Efluvio anágeno

Es una pérdida abundante y reversible de pelos en fase anágena secundaria a un evento que impide la actividad mitótica o metabólica de los folículos pilosos y se observa frecuentemente en pacientes en tratamiento con quimioterapia o radioterapia.

- Alopecia por tracción

La alopecia por tracción se debe a la tensión prolongada o repetida de la raíz del pelo, y se caracteriza por ser reversible en etapas tempranas e irreversibles en las etapas tardías, por lo que un diagnóstico y manejo oportuno es de vital importancia.

Ya conociendo las generalidades del cabello y los problemas que puede tener se planteará a continuación lo que se refiere a la formulación de un champú, y la información del escobillo que es el ingrediente de interés en esta investigación.

2.3. La preparación de un cosmético

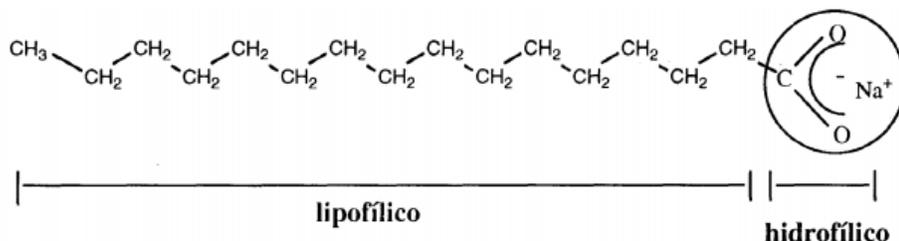
Afirman lo siguiente de forma general en su estudio, Gordillo y Quiroz (2018):

El ingrediente activo es aquella sustancia que proporciona la función deseada del preparado cosmético. Así mismo, el excipiente o vehículo se define como una sustancia disolvente del ingrediente activo que además le da las propiedades físicas al producto terminado. (Sólido, líquido, entre otros), y los Ingredientes de agregación son todos aquellos que sirve para redondear un producto. (Color, antioxidante, perfume, entre otros).

Debido a que en la formulación de un cosmético se usan tanto sustancias oleosas como acuosas, el uso de un tenso activo o surfactante (figura 2) se hace necesario en su elaboración, haciendo con esto que el producto adquiera la apariencia de una emulsión, teniendo como función disminuir la tensión superficial en la intercala agua-aceite. (p. 27)

Figura 2.

Forma de un tensoactivo



Nota. Fórmula de la molécula de un tensoactivo. Adaptado de B. Gordillo y M. Quiroz Química de cosméticos. *Educación Química*, 6(1), 24. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.1995.1.66731>.

Siendo la parte hidrofílica la soluble en agua y la lipofílica la soluble en aceite.

2.3.1. Clasificación de los tipos de tensoactivos

A continuación, se enumeran los diferentes tipos de tensoactivos:

2.3.1.1. Aniónicos

Son aquellos que en solución se ionizan y el grupo hidrofóbico de la molécula queda cargado negativamente.

2.3.1.2. Catiónicos

Son aquellos que en solución se ionizan y el grupo hidrofóbico de la molécula queda cargado positivamente.

2.3.1.3. Inónicos

Son aquellos que, sin ionizarse, se solubilizan mediante un efecto combinado de un cierto número de grupos solubilizantes débiles (hidrofílicos), tales como los enlaces de tipo éter (R-O4') o grupos hidroxilos (OH) en sus moléculas.

2.3.1.4. Anfotéricos

Estos materiales presentan en sus moléculas grupos aniónicos y catiónicos. Su comportamiento iónico depende del medio: ácido o alcalino.

Además de su función emulsificante, los tensoactivos tienen otras funciones en el cosmético, como por ejemplo las de espumación, dispersión, humectación, y efecto bactericida.

2.4. Formulación del champú a base de escobillo

Para la elaboración del champú se utilizarán los siguientes agentes:

- Agente limpiador: contiene blend de tensoactivo para hacer soluble las grasas y removerlas del cabello.
- Agente acondicionante: para darle suavidad al cabello.
- Componente diferencial: extracto de la hoja de la planta de escobillo (*Sida acuta burm*).
- Fragancia y colorante.
- Agente espesante: para darle espesor al champú.
- Vehículo: generalmente es agua.

2.5. Generalidades del escobillo

Según el proyecto de investigación *Estudio de las plantas medicinales conocidas por la población*, comenta Rodríguez (2008):

El escobillo es una planta de la familia Malvaceae, cuyo nombre científico es *Sida acuta burm*; en Guatemala se le conoce de diferentes nombres como lo son: Escobilla, Escobilla negra, escobillo, Chichibé (Petén, Maya), Mesbé (Cobán), pero el nombre más común que se le conoce es como Escobillo. Se encuentra en selvas bajas caducifolias y vegetación secundaria derivada de la misma, también presente en orillas de caminos y en lugares perturbados, incluyendo sitios urbanos. Crece desde los 50 hasta los 1,050 msnm.

En Guatemala se encuentra en lugares húmedos o en matorrales secos o en el campo, a menudo como maleza entre los cultivos. Se encuentra en Petén, Alta Verapaz, Baja Verapaz, El Progreso, Izabal, Zacapa, Chiquimula, Jutiapa, Santa Rosa, Escuintla, Guatemala, Sacatepéquez, Suchitepéquez, Retalhuleu, Sololá, San Marcos y Huehuetenango. (p. 60)

2.5.1. Ventajas de la utilización del escobillo para la formulación del champú

Debido a que generalmente esta planta se encuentra como malezas, crece sin ser cultivada, con una producción de semilla abundante, pero generalmente se le encuentran aspectos negativos, ya que dificultan y demoran la actividad agrícola y pueden ser hospedadores de plagas, por lo que las personas optan a eliminar esta planta cuando brota, por esta razón, en lugar de desecharla se puede aprovechar para extraer sus compuestos químicos y utilizarlos para la formulación del champú, esta es una de las ventajas sobre otros productos que se utilizan para el crecimiento y la caída del cabello que están elaborados con recursos naturales, pero que generalmente se siembran para este uso, en cambio, esta planta generalmente es desechada sin aprovechar las propiedades que contiene para este problema.

2.5.2. Descripción botánica

Hierba anual, erecta, de 1 metro de alto o menos, rara vez 1.5 metros, algunas veces sufrutescente hacia la base. Las hojas pequeñas de 1 a 1.5 cm de longitud, linear o escasamente lanceoladas u ovaladas, algunas veces asimétricas, aserradas, ápice agudo o acuminado, redonda o cuneada en la base, con pocos o diminutos pelos estrellados y a menudo con numerosos pelos grandes y simples, especialmente en las venas; en la madurez algunas usualmente glabras. Flores solitarias en las axilas de las hojas, con varias flores. Cáliz angulado, con pelos largos y simples en los márgenes y venas; los lóbulos agudos o acuminados. Frutos muy pequeños de 3-4 mm de longitud hacia la madurez.

2.5.3. Partes utilizadas de la planta

Las partes que se utilizan de la planta son la hoja y el tallo.

2.5.4. Uso medicinal reportado en el área de estudio

Los diferentes usos medicinales que han reportado del área de estudio son los siguientes:

2.5.5. Para la caída del cabello

Se utilizan las hojas (20 a 25), se maceran y se le agrega 1-2 tazas de agua, luego se aplica en el cabello, de preferencia por las mañanas y cuando todavía tiene sereno la planta, esto unas 3 veces por semana.

2.5.6. Composición química de la hoja

Unas de las cuestiones del contenido del escobillo fueron estudiadas con 100 gramos de hoja fresca se han obtenido los siguientes datos con un análisis proximal.

- Calorías 63
- Agua 82 %
- Proteína 7.4 %
- Grasa 1.4 %
- Carbohidratos 9.4 %
- Fibra 3.3 %

- Ceniza
- Calcio 466 mg
- Fosforo 58 mg
- Hierro 5 mg
- Tiamina 0.22 mg
- Riboflavina 0.47 %
- Niacina 2.10 mg
- Ácido ascórbico 90 mg (Lemus, 1999, p. 98).

De igual forma se ha presentado la presencia de los siguientes compuestos.

Según Lemus (1999):

- Benzoato de aurantiamida
- Betaina
- Colina
- Alcaloides tales como cripina
- Efedrina pseudo-efedria
- Hipaforina
- Hipaforina metil ester
- Vasicina
- Triptófano N-beta. Metil

- Metil ester
- Vasicina
- Vasinol
- Vasicinona
- (-)vasicinona
- DL- vasicinona
- Esteroides: 22-deshidro-campesterol, colesterol, 24-metilencolesterol, beta-sitosterol, espinasterol y etigmasterol, gopspol y N-alcanos (C14 – C 32) Y (C15 – C – 35). (p. 98)

2.5.7. Betaína

La betaína también llamada *trimetil-glicina* (TMG), es una sustancia relacionada con la función hepática, la división celular y actúa en la síntesis de la carnitina. Ésta procede del metabolismo de la colina y puede dar lugar al aminoácido glicina cuando cede sus metilos. Las funciones que destacan de la betaína está la de ejercer como osmorregulador protegiendo las células, moléculas como proteínas y enzimas, y tejidos como la mucosa gástrica. La principal reacción metabólica de la betaína es la transferencia de un grupo metilo a la molécula de homocisteína formando así una molécula de metionina. La ingesta inadecuada de betaína puede producir trastornos en el metabolismo hepático y concentraciones elevadas de homocisteína (relacionada con patologías cardiacas y aparición de osteoporosis).

2.5.8. Metionina

La metionina es un aminoácido esencial azufrado que contribuye en la síntesis de proteínas. Es el primer aminoácido en la cadena de cualquier proteína. La metionina es un potente antioxidante y es precursora del aminoácido cisteína (cerca del 80 % de la metionina que se ingiere pasa a formar cisteína). La metionina es precursora también de otras moléculas como la carnitina, taurina, lecitina, creatina y la fosfatidilcolina (colina). La metionina puede ser regenerada a partir de la betaína y la homocisteína, de esta forma el contenido de betaína hace que se regenere este aminoácido. La metionina estimula el crecimiento de nuevos cabellos, reduce la caída y, al ser un antioxidante, protege el pelo del estrés oxidativo, uno de los principales causantes de la pérdida de cabello.

2.6. Generalidades de la prueba hedónica

En su estudio Introducción al análisis sensorial, estudio hedónico del pan en el IES Mugaros, afirmó González, Rodeiro, Sanmartín y Vila (2014):

Que las pruebas hedónicas consisten en pedir al consumidor que valore el grado de satisfacción general que le produce un producto utilizando una escala que le proporciona el analista. Estas pruebas son una herramienta muy efectiva en el diseño de productos y cada vez se utilizan con mayor frecuencia en las empresas debido a que son los consumidores quienes, en última instancia, convierten un producto en éxito o fracaso. (p. 4)

Por lo que el análisis por medio de una prueba hedónica va a consistir en proporcionar a las personas a las que se les va a proporcionar el champú que

respondan al siguiente test para verificar que el champú no provoca irritación, basándose en la NT ISO 10993-10:

Tabla 2.

Sistema de clasificación de reacciones cutáneas

Reacción dérmica	Puntuación
<u>Formación de eritema y escara</u>	0
Ausencia de eritema	1
Eritema muy leve (apenas perceptible)	2
Eritema bien definido	3
Eritema moderado	4
Eritema grave a formación de escara que hace imposible la graduación del eritema	4
<u>Formación de edema</u>	0
Ausencia de edema	1
Edema muy leve (apenas perceptible)	2
Edema bien definido (bordes de la zona bien delimitados por una pápula netamente perceptible)	3
Edema moderado (elevación de la pápula mayor de 1 mm)	3
Edema grave (elevación de la pápula mayor de 1 mm y rebasando la zona de exposición)	4
Puntuación máxima posible para la irritación	8

Nota. Presentación de la prueba hedónica a realizar para clasificar si se ha tenido reacción cutánea al utilizar el champú. Adaptado de J. Samaniego y C. Fuertes. Diseño y formulación de un champú a base de extracto alcohólico de *Urtica urens* L. para su aplicación contra la caída del cabello. *Revista de La Sociedad Química del Perú*, 83(3), p. 272. <https://doi.org/10.37761/rsqp.v83i3.110>

Diferentes reacciones cutáneas:

2.6.1. Eritema

Es una forma de lesión que se presenta en la piel y que se caracteriza porque la zona afectada, adquiere una tonalidad rojiza intensa, pero que al presionar dicha zona el color rojo desaparece. La formación del eritema por lo general se debe a un exceso en la irrigación sanguínea por vasodilatación, generalmente el eritema es una sintomatología de otras enfermedades de tipo infecciosa que afectan a la piel.

Figura 3.

Aspecto de un eritema en el cuero cabelludo



Nota. Forma en la que se presenta un Eritema en el cuero cabelludo. Adaptado de X. Soria y J. Casanova (s.f.). *Eritema en el cuero cabelludo.* (<http://dermatoweb.udl.es/atlasg.php?idfoto=398161&lletra=d&pag=1&idsubmenu=2485&idapartat=&idsubapartat=>), consultado el 27 de abril de 2021. De dominio público.

2.6.2. Edema

El edema es la hinchazón causada por la acumulación anormal de líquidos en el cuerpo. El líquido se acumula bajo la piel, dentro de los tejidos que están fuera del sistema circulatorio. El sistema circulatorio transporta la sangre por todo el cuerpo. El edema extrafacial es una manifestación rara de la dermatomiositis.

Figura 4.

Manifestación de un edema



Nota. Forma en la que se presenta un edema. Obtenido de Dermapixel (2015). *Manifestación de un edema.* (<https://www.dermapixel.com/2015/10/la-dermatitis-del-peluquero.htm>), consultado el 27 de abril de 2021. De dominio público.

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Localización

La elaboración del extracto etanólico de escobillo se realizó en el Laboratorio de Química de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad San Carlos de Guatemala, Zona 12.

Se determinó la presencia del aminoácido al extracto a partir de pruebas de identificación de aminoácidos en el Laboratorio de Química de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad San Carlos de Guatemala, Zona 12.

El desarrollo experimental de la realización de las pruebas hedónicas llevó a cabo en la colonia Castañas zona 11, Villa Nueva, Guatemala.

3.2. Variables

Una variable es cualquier condición susceptible para cambiar o de transformar algo en cuanto a su cantidad y calidad, para este estudio se tiene lo siguiente:

3.2.1. Variables independientes

Las variables independientes son las que manipula el investigador, afectando directamente a los resultados del estudio de investigación.

Tabla 3.*Variables independientes para un proceso de la formulación del champú*

Número	Variable	Dimensional	Descripción
1	Concentración del alcohol etílico	Porcentaje	70 % y 95 %
2	Concentración del extracto respecto al solvente en la formulación del champú	Porcentaje	2.34 % y 4 %

Nota. Detalle de las variables independientes utilizadas en el proceso de la formulación del champú. Elaboración propia, realizado con Excel.

3.2.2. Variables dependientes

Son los efectos o cambios sufridos por la manipulación de las variables independientes.

Tabla 4.*Variables independientes para el proceso de la formulación del champú*

Número	Variable	Dimensional	Descripción
1	Porcentaje de rendimiento de la extracción	Porcentaje	Depende de la relación con el tiempo de maceración
2	Irritación cutánea	Adimensional	Depende de la formulación del champú
3	Caída del cabello	Número de cabellos	Depende de la formulación del champú

Nota. Detalle de las variables independientes utilizadas en el proceso de la formulación del champú. Elaboración propia, realizado con Excel.

3.3. Delimitación del campo de estudio

A continuación, se enumera la delimitación del campo de estudio, a fin de obtener los resultados planteados:

3.3.1. Obtención de la materia prima

Para la elaboración del champú se obtendrá la planta de escobillo de la colonia Castañas, zona 11, Villa Nueva, Guatemala.

3.3.2. Elaboración del extracto de escobillo

Para la elaboración del extracto de escobillo se utilizó las hojas de la planta, estas se colocarán en maceración dinámica utilizando alcohol etílico como solvente, teniendo dos variaciones del porcentaje del alcohol etílico; este procedimiento se realizó en el Laboratorio de Química de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad San Carlos de Guatemala, Zona 12.

3.3.3. Diseño y elaboración del champú de escobillo

El diseño y la elaboración del champú se realizaron en el Laboratorio de Química de la Escuela de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad San Carlos de Guatemala, zona 12.

3.3.4. Realización de la prueba hedónica sobre la irritabilidad del champú

Las pruebas hedónicas evalúan el potencial de irritabilidad del champú, utilizando como muestra un grupo de personas de la colonia Castañas zona 11,

Villa Nueva, Guatemala y realizando las pruebas en el Laboratorio de Química de la Escuela de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad San Carlos de Guatemala, zona 12.

3.3.5. Realización de la verificación de la reducción de la caída del cabello

El recuento de cabellos verifica la disminución de la caída del cabello al utilizar el champú, utilizando como muestra un grupo de personas de la colonia Castañas zona 11, Villa Nueva, Guatemala y realizando las pruebas en el Laboratorio de Química de la Escuela de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad San Carlos de Guatemala, zona 12.

3.4. Recursos humanos disponibles

- Investigador: Br. María Fernanda Alburéz Hernández
- Asesor: Inga. Qca. Mercedes Esther Roquel Chávez

3.5. Recursos materiales disponibles (equipo, cristalería, reactivos)

En la elaboración de la parte experimental se utilizaron los siguientes equipos, cristalería y reactivos:

Tabla 5.

Materias primas y reactivos

Materia prima	Hojas de la planta de escobillo (<i>Sida acuta burm</i>)
Reactivos	Etanol
	Base de champú sin sal
	Fragancia
	Colorante

Nota. Detalle de las materias primas y reactivas. Elaboración propia, realizado con Excel.

Tabla 6.

Cristalería y equipo

Cristalería	Beackers
	Pipetas
	Probetas
	Varilla de agitación
	Pet con aplicador
Equipo	Balanza analítica
	Potenciómetro

Nota. Detalle de la cristalería y equipo. Elaboración propia, realizado con Excel.

3.6. Técnica mixta (cualitativa y cuantitativa)

Para la realización del estudio se utilizó la técnica cuantitativa para la determinación del rendimiento de la extracción y el efecto del champú en la caída del cabello.

Además, se utilizó la técnica cualitativa para la realización de la prueba hedónica sobre la determinación del efecto que tiene el champú sobre la irritación cutánea.

3.6.1. Procedimiento

A continuación se enlistan los procedimientos para cada uno de los siguientes procesos:

- Elaboración del extracto etanólico de escobillo

La elaboración del extracto de escobillo se lleva a cabo para extraer los componentes químicos de interés de la planta y proporcionar estos componentes a la formulación del champú para otorgar los beneficios. Este procedimiento se realizó basado en la revisión del trabajo de graduación de Rivas (2017) denominado *Determinación del rendimiento y caracterización fisicoquímica del extracto etanólico de tilo (tilia platyphyllos scop), obtenido de la hoja y flor proveniente del departamento de Chimaltenango, evaluado a escala laboratorio por medio de maceración dinámica*, siendo el siguiente:

- Limpiar la materia prima
- Pesar 50 gramos de la materia prima
- Agregar el solvente (alcohol etílico) en relación 1:10 respecto a la materia prima.
- Colocar el sistema de agitación con reflujo.
- Dejar el sistema en el proceso de extracción el tiempo que se ha fijado.
- Finalizar la extracción.
- Filtrar el extracto obtenido con sistema de vacío.
- Almacenar el extracto etanólico obtenido.
- Realizar el mismo procedimiento para los dos porcentajes de alcohol etílico.

- Determinación del rendimiento de la extracción del escobillo

Este procedimiento se realizó basado en el artículo científico de la revista *Facultad de Ciencias Básicas* (Benítez, *et al.*, 2018), siendo el siguiente:

- Tarar un beacker
- Agregar el solvente
- Pesar beacker con el solvente
- Pesar la materia prima
- Agregar la materia prima al beacker
- Después de dejar la materia prima en maceración durante el tiempo fijado filtrar el contenido.
- Pesar la solución obtenida.
- Utilizar la siguiente ecuación:

$$\%R = \frac{w_i - w_f}{w_i} * 100 \text{ [ecuación 1]}$$

Donde:

$\%R$: porcentaje de rendimiento

w_i : peso inicial de las hojas

w_f : peso final del solvente con el extracto obtenido después de la filtración menos el peso inicial del solvente

- Determinación de la densidad

Una de las hipótesis planteadas es la diferencia significativa al variar la concentración del extracto en la formulación del champú, ya que este se encuentra en una solución etánolica. Este procedimiento se realizó basado en la

revisión del trabajo de graduación de Rivas (2017), denominado *Determinación del rendimiento y caracterización fisicoquímica del extracto etanólico de tilo (tilia platyphyllos scop)*, obtenido de la hoja y flor proveniente del departamento de Chimaltenango, evaluado a escala laboratorio por medio de maceración dinámica, utilizando el siguiente proceso para la elaboración de este estudio:

- Tarar el beaker
- Agregar 10 mL de la formulación del champú
- Pesar la solución
- Determinar la densidad utilizando la siguiente ecuación:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad [\text{ecuación 2}]$$

Donde:

ρ : densidad (g/mL)

m : masa (g)

V : volumen (mL)

- Pruebas de identificación de aminoácidos

Para la determinación de la presencia betaína, que es un aminoácido, se ha realizado tres pruebas de identificación de aminoácidos, basándose en el instructivo del curso de bioquímica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad San Carlos de Guatemala, siendo las siguientes:

- Prueba de Nitroprusiato Sódico

Para la elaboración de esta prueba de identificación se realizarán los siguientes pasos:

- Se rotula los tubos con el nombre de los aminoácidos
 - Se agrega 2 mL de los respectivos aminoácidos y toma su respectiva fotografía para comparar.
 - Se agrega 2 mL de NaOH al 10 % a los tubos del paso 2.
 - Se prepara la cámara digital para las fotografías.
 - Se agrega 1 mL de nitroprusiato sódico al 2 % a los tubos del paso 3.
 - Se anotan las observaciones.
- Prueba de Molish

Para la elaboración de esta prueba de identificación se realizarán los siguientes pasos:

- Se coloca 2 mL de cada solución a analizar en tubos de ensayo separados.
 - Se agrega 2 gotas de 1-naftol al 5 %.
 - Se agrega cuidadosamente ácido sulfúrico concentrado hasta que se forme una fase en el fondo del tubo.
 - En la interfase se observa un anillo de color púrpura que indica la presencia de un carbohidrato.
 - Se anotan sus observaciones.
- Prueba de azufre reducido

Para la elaboración de esta prueba de identificación se realizarán los siguientes pasos:

- Se rotulan los tubos con el nombre de los aminoácidos
 - Se agregan 2 mL de los respectivos aminoácidos y tomó su respectiva fotografía para comparar.
 - Se agregan 2 mL de NaOH al 10 % a los tubos del paso 2.
 - Se agrega 0.5 mL de $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}$ al 10 % a los tubos del paso 3.
 - Se prepara su cámara digital para fotografiar.
 - Se sumergen los tubos por 5 minutos, en un baño de agua previamente hervido.
 - Se observa la formación de un precipitado gris oscuro.
- Elaboración del champú a base de escobillo

Luego de tener el extracto etanólico de escobillo se procede a la elaboración del champú, este procedimiento se realizó basado en el artículo científico denominado Química de Cosméticos (Gordillo y Quiroz, 2018).

- Pesar cada uno de los ingredientes a utilizar por separado
 - Colocar la base de champú en el beacker
 - Agregar la fragancia con una pipeta
 - Agregar el extracto de escobillo
 - Realizar una solución de colorante al 5 % con agua tibia
 - Agregar el colorante
 - Mezclar todos los ingredientes con una varilla de agitación
 - Colocar el champú en un pet con aplicador para su almacenamiento
- Realización de prueba hedónica sobre la irritabilidad

Posterior a la elaboración del champú se procede a realizar las pruebas hedónicas para verificar que no provoque irritabilidad. Este procedimiento se

realizó basado en el artículo científico de (Samaniego y Fuertes, 2017), y basándose en la Norma ISO 10993-10, quedando el siguiente proceso:

- Pesar 1 gramo del champú
 - Colocar el champú atrás de la oreja del grupo de personas en las que se probará.
 - Cubrir con un apósito.
 - Dejarlo durante 4 horas.
 - Retirar el champú con agua.
 - Anotar las observaciones en la prueba hedónica.
- Determinación de la reducción de la caída del cabello

Este procedimiento se realizó basado en el artículo científico sobre la estandarización de 60 segundos del recuento de cabellos para verificar si se tiene una reducción en la caída del cabello (Wasko *et al.*, 2008), quedando el siguiente proceso:

- Aplicar la formulación del champú una vez al día durante 3 días consecutivos.
- En el cuarto día peinarse durante 60 segundos antes de bañarse, empezando por el vértice y peinando hacia adelante sobre una toalla o funda blanca (las personas muestreadas deben usar peines idénticos).
- Recoger y contabilizar los cabellos caídos, descontando los cabellos rotos.

3.7. Recolección y ordenamiento de la información

Luego de definir las variables del estudio se procede a realizar la recolección de datos, los cuales son los siguientes:

Tabla 7.

Preparación del extracto de escobillo

Porcentaje de etanol	Tratamiento	Corrida	Peso (g)						Porcentaje Rendimiento
			Beacker	Beacker con solvente	materia prima (hojas de escobillo)	total de materia prima con solvente al inicio	Beaker más Hojas de escobillo filtradas secas	Hojas de escobillo filtradas secas	
70	1	1	112.79	198.79	3	201.79	115.04	2.25	25.0
		2	108.80	194.80	3	197.80	110.73	1.93	35.7
95	2	1	106.59	186.89	3	189.89	107.86	1.27	57.7
		2	113.90	194.20	3	197.20	115.15	1.25	58.3

Nota. Datos obtenidos experimentalmente en la elaboración del extracto de escobillo. Elaboración propia, realizado con Excel

Tabla 8.

Elaboración del champú

Tratamiento	Corrida	Porcentaje de masa del extracto en la formulación de champú	Masa del extracto (g)	Masa de la formulación de champú (g)	Volumen de formulación de champú (mL)
1	1	2.34	2.81	122.00	120.00
	2	2.34	2.81	127.00	126.90
2	1	4.00	5.00	126.00	123.00
	2	4.00	5.00	127.00	122.50
1	1	2.34	2.81	129.00	127.00
	2	2.34	2.81	130.00	129.00
2	1	4.00	5.00	128.00	130.00
	2	4.00	5.00	128.00	128.96

Nota. Datos obtenidos experimentalmente en la elaboración del champú. Elaboración propia, realizado con Excel.

Tabla 9.*Determinación de la densidad de la formulación del champú*

Porcentaje de alcohol etílico de la extracción	Tratamiento	Corrida	Masa de la formulación del champú (g)	Volumen de formulación de champú (mL)	Densidad (mL/g)
70	1	1	122.00	120.00	1.02
		2	127.00	126.90	1.00
	2	1	126.00	123.00	1.02
		2	127.00	122.50	1.04
95	1	1	129.00	127.00	1.02
		2	130.00	129.00	1.01
	2	1	128.00	130.00	0.98
		2	128.00	128.96	0.99

Nota. Datos utilizados para la determinación de la densidad. Elaboración propia, realizado con Excel.

Tabla 10.*Determinación de la reducción de la caída del cabello*

Persona	Porcentaje de Etanol	Porcentaje de masa del extracto	Cabellos al inicio	Cabellos al final	Diferencia de cabellos
1	70	2.34	19	14	5
	95	2.34	18	6	12
	70	4	18	4	14
	95	4	10	4	6
2	70	2.34	25	17	8
	95	2.34	24	11	13
	70	4	40	19	21
	95	4	65	31	34
3	70	2.34	101	50	51
	95	2.34	80	38	42
	70	4	51	19	32
	95	4	38	11	27
4	70	2.34	40	37	3
	95	2.34	43	35	8
	70	4	38	31	7
	95	4	39	28	11
5	70	2.34	41	36	5
	95	2.34	39	30	9
	70	4	40	19	21
	95	4	38	14	24

Continuación de la tabla 10.

Persona	Porcentaje de Etanol	Porcentaje de masa del extracto	Cabellos al inicio	Cabellos al final	Diferencia de cabellos
6	70	2.34	22	14	8
	95	2.34	19	10	9
	70	4	21	10	11
	95	4	19	7	12
7	70	2.34	27	19	8
	95	2.34	23	10	13
	70	4	38	17	21
	95	4	55	21	34
8	70	2.34	44	39	5
	95	2.34	43	35	8
	70	4	40	33	7
	95	4	42	31	11
9	70	2.34	50	44	6
	95	2.34	41	32	9
	70	4	37	29	8
	95	4	33	21	12
10	70	2.34	70	50	20
	95	2.34	60	39	21
	70	4	51	19	32
	95	4	38	14	24

Nota. Detalle de la reducción de la caída del cabello según los diferentes porcentajes de etanol utilizados en la extracción del escobillo. Elaboración propia, realizado con Excel.

Tabla 11.

Prueba hedónica

Tratamiento (Formulación de champú)	Corrida (personas muestreadas)	Puntuación de formación de eritema y escara	Puntuación de formación de edema
1	1	0	0
	2	0	0
	3	0	0
	4	0	0
	5	0	0
	6	0	0
	7	0	0
	8	0	0

Continuación de la tabla 11.

Tratamiento (Formulación de champú)	Corrida (personas muestreadas)	Puntuación de formación de eritema y escara	Puntuación de formación de edema
	9	0	0
	10	0	0
2	1	0	0
	2	0	0
	3	0	0
	4	0	0
	5	0	0
	6	0	0
	7	0	0
	8	0	0
	9	0	0
	10	0	0
3	1	0	0
	2	0	0
	3	0	0
	4	0	0
	5	0	0
	6	0	0
4	7	0	0
	8	0	0
	9	0	0
	10	0	0
5	1	0	0
	2	0	0
	3	0	0
	4	0	0
	5	0	0
	6	0	0
	7	0	0
	8	0	0
	9	0	0
	10	0	0
6	1	0	0
	2	0	0
	3	0	0
	4	0	0
	5	0	0
	6	0	0
	7	0	0
	8	0	0
	9	0	0
	10	0	0
7	1	0	0
	2	0	0

Continuación de la tabla 11.

Tratamiento (Formulación de champú)	Corrida (personas muestreadas)	Puntuación de formación de eritema y escara	Puntuación de formación de edema	
8	3	0	0	
	4	0	0	
	5	0	0	
	6	0	0	
	7	0	0	
	8	0	0	
	9	0	0	
	10	0	0	
	9	1	0	0
		2	0	0
3		0	0	
4		0	0	
5		0	0	
6		0	0	
7		0	0	
8		0	0	
9		0	0	
10		0	0	
10	1	0	0	
	2	0	0	
	3	0	0	
	4	0	0	
	5	0	0	
	6	0	0	
	7	0	0	
	8	0	0	
	9	0	0	
	10	0	0	

Nota. Resultados de la prueba hedónica realizada. Elaboración propia, realizado con Excel.

3.8. Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información

Teniendo los datos necesarios para la realización del estudio se procederá a tabular la información de la siguiente forma:

Tabla 12.*Determinación del rendimiento*

Porcentaje de etanol	Tratamiento	Corrida	Porcentaje Rendimiento	Media	Desviación estándar
70	1	1	25.0	30.3	14.95
		2	35.7		
95	2	1	57.7	58.0	0.33
		2	58.3		

Nota. Resultados obtenidos del rendimiento, con su media y desviación estándar. Elaboración propia, realizado con Excel.

Tabla 13.*Determinación de la densidad*

Porcentaje de alcohol etílico de la extracción	Tratamiento	Corrida	Densidad (mL/g)	Media	Desviación estándar
70	1	1	1.02	1.01	0.01
		2	1.00		
	2	1	1.02	1.03	0.01
		2	1.04		
5	1	1	1.02	1.01	0.00
		2	1.01		
	2	1	0.98	0.99	0.00
		2	0.99		

Nota. Resultados obtenidos de la densidad, con su media y desviación estándar. Elaboración propia, realizado con Excel.

Tabla 14.*Prueba hedónica formación de edema*

Tratamiento (Formulación de champú)	Corrida (personas muestreadas)	Puntuación de formación de edema	Media	Desviación estándar
1	1	0	0	0
	2	0	0	0
	3	0	0	0
	4	0	0	0
	5	0	0	0
	6	0	0	0
	7	0	0	0
	8	0	0	0
	9	0	0	0
	10	0	0	0
2	1	0	0	0
	2	0	0	0
	3	0	0	0
	4	0	0	0
	5	0	0	0
	6	0	0	0
	7	0	0	0
	8	0	0	0
	9	0	0	0
	10	0	0	0
3	1	0	0	0
	2	0	0	0
	3	0	0	0
	4	0	0	0
	5	0	0	0
	6	0	0	0
3	7	0	0	0
	8	0	0	0
	9	0	0	0
	10	0	0	0
4	1	0	0	0
	2	0	0	0
	3	0	0	0
	4	0	0	0
	5	0	0	0
	6	0	0	0
	7	0	0	0
	8	0	0	0
	9	0	0	0
	10	0	0	0

Continuación de la tabla 14.

Tratamiento (Formulación de champú)	Corrida (personas muestreadas)	Puntuación de formación de edema	Media	Desviación estándar
5	1	0	0	0
	2	0	0	0
	3	0	0	0
	4	0	0	0
	5	0	0	0
	6	0	0	0
	7	0	0	0
	8	0	0	0
	9	0	0	0
	10	0	0	0
6	1	0	0	0
	2	0	0	0
	3	0	0	0
	4	0	0	0
7	5	0	0	0
	6	0	0	0
	7	0	0	0
	8	0	0	0
	9	0	0	0
	10	0	0	0
8	1	0	0	0
	2	0	0	0
	3	0	0	0
	4	0	0	0
	5	0	0	0
	6	0	0	0
	7	0	0	0
	8	0	0	0
	9	0	0	0
	10	0	0	0
9	1	0	0	0
	2	0	0	0
	3	0	0	0
	4	0	0	0
	5	0	0	0
	6	0	0	0
	7	0	0	0
	8	0	0	0
	9	0	0	0
	10	0	0	0

Nota. Resultados obtenidos la Prueba hedónica formación de edema. Elaboración propia, realizado con Excel.

Tabla 15.*Prueba hedónica formación de eritema y escara*

Tratamiento (Formulación de champú)	Corrida (personas muestreadas)	Puntuación de formación de eritema y escara	Media	Desviación estándar
1	1	0	0	0
	2	0	0	0
	3	0	0	0
	4	0	0	0
	5	0	0	0
	6	0	0	0
	7	0	0	0
	8	0	0	0
	9	0	0	0
	10	0	0	0
2	1	0	0	0
	2	0	0	0
	3	0	0	0
	4	0	0	0
	5	0	0	0
	6	0	0	0
	7	0	0	0
	8	0	0	0
	9	0	0	0
	10	0	0	0
3	1	0	0	0
	2	0	0	0
	3	0	0	0
	4	0	0	0
	5	0	0	0
	6	0	0	0
3	7	0	0	0
	8	0	0	0
	9	0	0	0
	10	0	0	0
4	1	0	0	0
	2	0	0	0
	3	0	0	0
	4	0	0	0
	5	0	0	0
	6	0	0	0
	7	0	0	0
	8	0	0	0
	9	0	0	0
	10	0	0	0

Continuación de la tabla 15.

Tratamiento (Formulación de champú)	Corrida (personas muestreadas)	Puntuación de formación de eritema y escara	Media	Desviación estándar
5	1	0	0	0
	2	0	0	0
	3	0	0	0
	4	0	0	0
	5	0	0	0
	6	0	0	0
	7	0	0	0
	8	0	0	0
	9	0	0	0
	10	0	0	0
6	1	0	0	0
	2	0	0	0
	3	0	0	0
	4	0	0	0
6	5	0	0	0
	6	0	0	0
	7	0	0	0
	8	0	0	0
	9	0	0	0
	10	0	0	0
7	1	0	0	0
	2	0	0	0
	3	0	0	0
	4	0	0	0
	5	0	0	0
	6	0	0	0
	7	0	0	0
	8	0	0	0
	9	0	0	0
	10	0	0	0
8	1	0	0	0
	2	0	0	0
	3	0	0	0
	4	0	0	0
	5	0	0	0
	6	0	0	0
	7	0	0	0
	8	0	0	0
	9	0	0	0
	10	0	0	0

Nota. Resultados obtenidos de la prueba hedónica eritema y escara. Elaboración propia, realizado con Excel.

Tabla 16.*Cantidad de cabellos caídos obtenidos con etanol al 70 %*

Persona	Porcentaje de Etanol	Porcentaje de masa del extracto	Cabellos al inicio	Cabellos al final	Diferencia de cabellos
1	70	2.34	19	14	5
	70	4.00	18	4	14
2	70	2.34	25	17	8
	70	4.00	40	19	21
3	70	2.34	101	50	51
	70	4.00	51	19	32
4	70	2.34	40	37	3
	70	4.00	38	31	7
5	70	2.34	41	36	5
	70	4.00	40	19	21
6	70	2.34	22	14	8
	70	4.00	21	10	11
7	70	2.34	27	19	8
	70	4.00	38	17	21
8	70	2.34	44	39	5
	70	4.00	40	33	7
9	70	2.34	50	44	6
	70	4.00	37	29	8
10	70	2.34	70	50	20
	70	4.00	51	19	32

Nota. Cantidad de cabellos caídos al inicio y al final de la aplicación del champú con el extracto de la hoja de la planta de escobillo obtenido con etanol al 70 %. Elaboración propia, realizado con Excel.

Tabla 17.*Cantidad de cabellos caídos con la aplicación del champú con etanol al 95 %*

Persona	Porcentaje de Etanol	Porcentaje de masa del extracto	Cabellos al inicio	Cabellos al final	Diferencia de cabellos
1	95	2.34	18	6	12
	95	4.00	10	4	6
2	95	2.34	24	11	13
	95	4.00	65	31	34
3	95	2.34	80	38	42
	95	4.00	38	11	27

Continuación de la tabla 17.

Persona	Porcentaje de Etanol	Porcentaje de masa del extracto	Cabellos al inicio	Cabellos al final	Diferencia de cabellos
4	95	2.34	43	35	8
	95	4.00	39	28	11
5	95	2.34	39	30	9
	95	4.00	38	14	24
6	95	2.34	19	10	9
	95	4.00	19	7	12
7	95	2.34	23	10	13
	95	4.00	55	21	34
8	95	2.34	43	35	8
	95	4.00	42	31	11
9	95	2.34	41	32	9
	95	4.00	33	21	12
10	95	2.34	60	39	21
	95	4.00	38	14	24

Nota. Cantidad de cabellos caídos al inicio y al final de la aplicación del champú con el extracto de la hoja de la planta de escobillo obtenido con etanol al 95 %. Elaboración propia, realizado con Excel.

3.9. Análisis estadístico

A continuación de muestra el procedimiento para la realización del análisis estadístico.

3.9.1. Diseño experimental

Para la evaluación estadística se utilizó el diseño completamente al azar (DCA), clasificándose las muestras de la siguiente forma:

La maceración dinámica se realizó con dos variaciones de concentración del alcohol etílico.

- 70 %
- 95 %

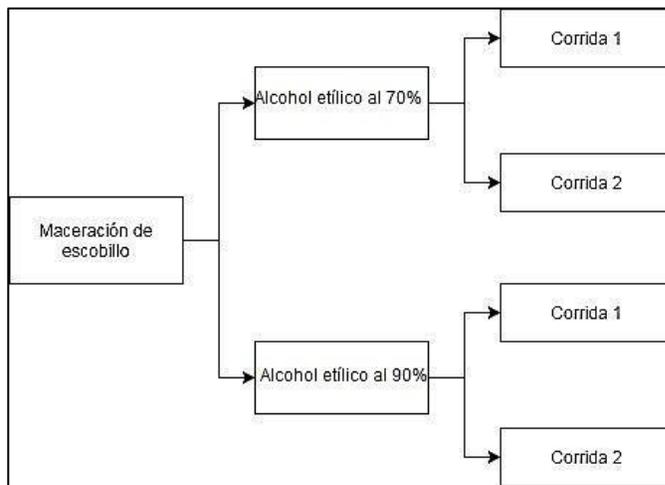
A su vez para la extracción del champú se realizó a dos concentraciones de masa diferentes:

- 2.34 %
- 4.00 %

Para cada tratamiento se realizaron dos corridas y la realización de la prueba hedónica se realizó con 10 personas.

Figura 5.

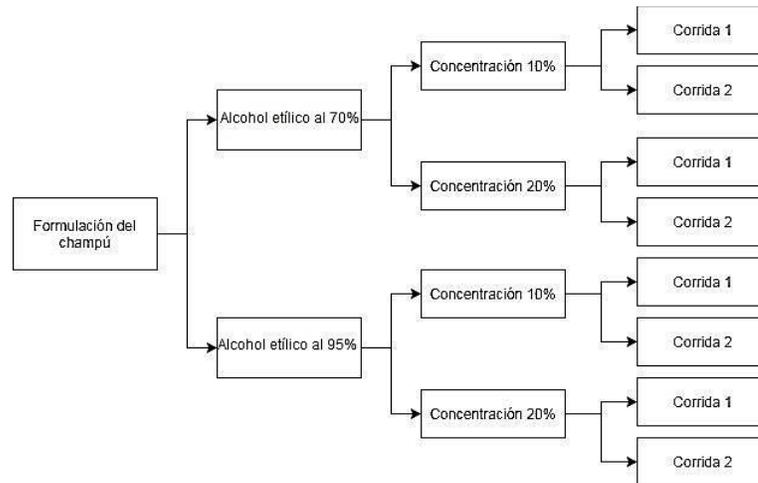
Diagrama de clasificación de las muestras de extracto obtenidas



Nota. Diagrama de clasificación de las muestras de extracto obtenidas por maceración estática para la obtención del rendimiento. Elaboración propia, realizado con Draw.io.

Figura 6.

Diagrama de clasificación de las muestras



Nota. Diagrama de clasificación de las muestras para la elaboración del champú. Elaboración propia, realizado con Draw.io.

3.9.2. Análisis estadístico

A continuación, se enumera el procedimiento utilizado para la realización del análisis estadístico, detallando cada uno de los modelos y la forma en la que se ha utilizado.

- Modelo para un análisis de varianza de un factor

Según afirma Pulido y de la Vara (2008), el objetivo del análisis de varianza es probar la hipótesis de igualdad de los tratamientos con respecto a la media de la correspondiente variable de respuesta (p. 66)

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k = \mu$$

$$H_A: \mu_i \neq \mu_j \text{ para algún } i \neq j$$

- Supuestos del modelo

La validez de los resultados obtenidos en cualquier análisis de varianza queda sujetos a que los supuestos del modelo se cumplan, estos supuestos son los siguientes:

- Normalidad
- Varianza constante (igual varianza de los tratamientos)
- Independencia

Esto se refiere a que la respuesta (Y) se debe distribuir de manera normal, con la misma varianza en cada tratamiento y las mediciones deben ser independientes. Estos supuestos sobre Y se traducen en supuestos sobre el término error (ε) en el modelo.

- Procedimiento para la realización del análisis de varianza

- Verificar si los datos cumplen con los supuestos del modelo
- Verificar si se cumple el modelo del análisis de varianza de un factor para los datos.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k = \mu$$

$$H_A: \mu_i \neq \mu_j \text{ para algún } i \neq j$$

- Se utilizan las siguientes ecuaciones que se dirigen para el análisis final del Anova:

- Media

$$\bar{X} = \frac{\sum_{f=1}^k \sum_{i=1}^{n_j} x_{ij}}{n} \quad [\text{ecuación 3}]$$

- Variación total

$$STC = \sum_{j=1}^K \sum_{i=1}^{n_j} (x_{ij} - \bar{X})^2 \quad [\text{ecuación 4}]$$

- Variación dentro de los grupos

$$SCD = \sum_{j=1}^K \sum_{i=1}^{n_j} (x_{ij} - \bar{X}_j)^2 \quad [\text{ecuación 5}]$$

- Variación entre los grupos

$$SCE = \sum_{j=1}^K (\bar{X}_j - \bar{X})^2 * n_j \quad [\text{ecuación 6}]$$

- Evaluar el cociente entre la variación dentro de los grupos con la varianza entre los grupos ya que según los grados de libertad $k - 1$ y $N - k$, respectivamente para $\frac{SCE}{K-1}$ y $\frac{SCD}{n-K}$. Si el cociente entre ambas estimaciones es 1, la hipótesis nula es cierta; si el cociente es diferente que 1, la hipótesis nula se rechaza.

- Desviación estándar

La desviación estándar se determina con la siguiente ecuación:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n X_i^2}{n-1} - \frac{n * \bar{X}^2}{n-1}} \quad [\text{ecuación 7}]$$

Donde:

s: desviación estándar

X: dato de cada corrida

\bar{X} : media

n: número de corridas

3.10. Plan de análisis de los resultados

A continuación, se mostrarán los métodos y modelos utilizados para el análisis de los resultados.

3.10.1. Métodos y modelos de los datos según el tipo de variable

Los métodos y modelos utilizados según el tipo de variable son los siguientes:

- Determinación del rendimiento

Para la determinación del rendimiento se utiliza la ecuación 1:

$$\%R = \frac{w_i - w_f}{w_i} * 100 \quad [\text{ecuación 1}]$$

Donde:

$\%R$: porcentaje de rendimiento

w_i : peso inicial de las hojas

w_f : peso final del solvente con el extracto obtenido después de la filtración menos el peso inicial del solvente

- Determinación del porcentaje de masa

Para la determinación del porcentaje de masa (%m/m) se utiliza la relación de lo que se agrega a la formulación del champú de la siguiente forma:

- Para 2.34 %
 - 2.34 g extracto de escobillo por 100 g de la formulación del champú.

3.10.2. Programas por utilizar para el procesamiento de datos

Los programas que se utilizarán para el procesamiento de la información serán los siguientes:

- Utilización de Microsoft Excel
 - Para la elaboración de tablas y cálculos (suma, multiplicación, división, promedio, entre otros).
 - Para el cálculo del ANOVA.
- Utilización de Microsoft Word

- Para la elaboración de los documentos, ya que la herramienta de Microsoft Word ayudará a ordenar y plasmar la información.

4. RESULTADOS

Tabla 18.

Rendimiento de la extracción de la hoja de la planta de escobillo

Porcentaje de etanol	Tratamiento	Porcentaje Rendimiento	Media	Desviación estándar
70	1	25.0	30.3	14.95
		35.7		
95	2	57.7	58.0	0.33
		58.3		

Nota. Resultados del rendimiento de la extracción. Elaboración propia, realizado con Excel.

Tabla 19.

Densidad de la formulación del champú de escobillo

Porcentaje de alcohol etílico de la extracción	Tratamiento	Densidad (mL/g)	Media	Desviación estándar
70	1	1.02	1.01	0.01
		1.00		
	2	1.02	1.03	0.01
		1.04		
95	1	1.02	1.01	0.00
		1.01		
	2	0.98	0.99	0.00
		0.99		

Nota. Densidad de la formulación del champú de escobillo a los diferentes porcentajes en masa de la cantidad de extracto. Elaboración propia, realizado con Excel.

Tabla 20.*Prueba hedónica formación de edema*

Tratamiento (Formulación de champú)	Corrida (personas muestreadas)	Puntuación de formación de edema	Media	Desviación estándar
1	1	0	0	0
	2	0	0	0
	3	0	0	0
	4	0	0	0
	5	0	0	0
	6	0	0	0
	7	0	0	0
	8	0	0	0
	9	0	0	0
	10	0	0	0
2	1	0	0	0
	2	0	0	0
	3	0	0	0
	4	0	0	0
	5	0	0	0
	6	0	0	0
	7	0	0	0
	8	0	0	0
	9	0	0	0
	10	0	0	0
3	1	0	0	0
	2	0	0	0
	3	0	0	0
	4	0	0	0
	5	0	0	0
	6	0	0	0
3	7	0	0	0
	8	0	0	0
	9	0	0	0
	10	0	0	0
4	1	0	0	0
	2	0	0	0
	3	0	0	0
	4	0	0	0
	5	0	0	0
	6	0	0	0
	7	0	0	0
	8	0	0	0
	9	0	0	0
	10	0	0	0

Continuación de la tabla 20.

Tratamiento (Formulación de champú)	Corrida (personas muestreadas)	Puntuación de formación de edema	Media	Desviación estándar
5	1	0	0	0
	2	0	0	0
	3	0	0	0
	4	0	0	0
	5	0	0	0
	6	0	0	0
	7	0	0	0
	8	0	0	0
	9	0	0	0
	10	0	0	0
6	1	0	0	0
	2	0	0	0
	3	0	0	0
	4	0	0	0
	5	0	0	0
	6	0	0	0
	7	0	0	0
	8	0	0	0
	9	0	0	0
	10	0	0	0
7	1	0	0	0
	2	0	0	0
	3	0	0	0
	4	0	0	0
	5	0	0	0
	6	0	0	0
	7	0	0	0
	8	0	0	0
	9	0	0	0
	10	0	0	0
8	1	0	0	0
	2	0	0	0
	3	0	0	0
	4	0	0	0
	5	0	0	0
	6	0	0	0
	7	0	0	0
	8	0	0	0
	9	0	0	0
	10	0	0	0

Nota. Resultados de la Prueba hedónica formación de edema. Elaboración propia, realizado con Excel.

Tabla 21.*Prueba hedónica formación de eritema y escara*

Tratamiento (Formulación de champú)	Corrida (personas muestreadas)	Puntuación de formación de eritema y escara	Media	Desviación estándar
1	1	0	0	0
	2	0	0	0
	3	0	0	0
	4	0	0	0
	5	0	0	0
	6	0	0	0
	7	0	0	0
	8	0	0	0
	9	0	0	0
	10	0	0	0
2	1	0	0	0
	2	0	0	0
	3	0	0	0
	4	0	0	0
	5	0	0	0
	6	0	0	0
	7	0	0	0
	8	0	0	0
	9	0	0	0
	10	0	0	0
3	1	0	0	0
	2	0	0	0
	3	0	0	0
	4	0	0	0
	5	0	0	0
	6	0	0	0
3	7	0	0	0
	8	0	0	0
	9	0	0	0
	10	0	0	0
4	1	0	0	0
	2	0	0	0
	3	0	0	0
	4	0	0	0
	5	0	0	0
	6	0	0	0
	7	0	0	0
	8	0	0	0
	9	0	0	0
	10	0	0	0

Continuación de la tabla 21.

Tratamiento (Formulación de champú)	Corrida (personas muestreadas)	Puntuación de formación de eritema y escara	Media	Desviación estándar
5	1	0	0	0
	2	0	0	0
	3	0	0	0
	4	0	0	0
	5	0	0	0
	6	0	0	0
	7	0	0	0
	8	0	0	0
	9	0	0	0
	10	0	0	0
6	1	0	0	0
	2	0	0	0
	3	0	0	0
	4	0	0	0
6	5	0	0	0
	6	0	0	0
	7	0	0	0
	8	0	0	0
	9	0	0	0
	10	0	0	0
7	1	0	0	0
	2	0	0	0
	3	0	0	0
	4	0	0	0
	5	0	0	0
	6	0	0	0
	7	0	0	0
	8	0	0	0
	9	0	0	0
	10	0	0	0
8	1	0	0	0
	2	0	0	0
	3	0	0	0
	4	0	0	0
	5	0	0	0
	6	0	0	0
	7	0	0	0
	8	0	0	0
	9	0	0	0
	10	0	0	0

Nota. Resultados de la prueba hedónica formación de eritema y escara. Elaboración propia, realizado con Excel.

Tabla 22.*Cantidad de cabellos caídos con etanol al 70 %*

Persona	Porcentaje de Etanol	Porcentaje de masa del extracto	Cabellos al inicio	Cabellos al final	Diferencia de cabellos
1	70	2.34	19	14	5
	70	4.00	18	4	14
2	70	2.34	25	17	8
	70	4.00	40	19	21
3	70	2.34	101	50	51
	70	4.00	51	19	32
4	70	2.34	40	37	3
	70	4.00	38	31	7
5	70	2.34	41	36	5
	70	4.00	40	19	21
6	70	2.34	22	14	8
	70	4.00	21	10	11
7	70	2.34	27	19	8
	70	4.00	38	17	21
8	70	2.34	44	39	5
	70	4.00	40	33	7
9	70	2.34	50	44	6
	70	4.00	37	29	8
10	70	2.34	70	50	20
	70	4.00	51	19	32

Nota. Cantidad de cabellos caídos al inicio y al final de la aplicación del champú con el extracto de la hoja de la planta de escobillo obtenido con etanol al 70 %. Elaboración propia, realizado con Excel.

Tabla 23.*Cantidad de cabellos caídos con etanol al 95 %*

Persona	Porcentaje de Etanol	Porcentaje de masa del extracto	Cabellos al inicio	Cabellos al final	Diferencia de cabellos
1	95	2.34	18	6	12
	95	4.00	10	4	6
2	95	2.34	24	11	13
	95	4.00	65	31	34
3	95	2.34	80	38	42
	95	4.00	38	11	27
4	95	2.34	43	35	8
	95	4.00	39	28	11

Continuación de la tabla 23.

Persona	Porcentaje de Etanol	Porcentaje de masa del extracto	Cabellos al inicio	Cabellos al final	Diferencia de cabellos
5	95	2.34	39	30	9
	95	4.00	38	14	24
6	95	2.34	19	10	9
	95	4.00	19	7	12
7	95	2.34	23	10	13
	95	4.00	55	21	34
8	95	2.34	43	35	8
	95	4.00	42	31	11
9	95	2.34	41	32	9
	95	4.00	33	21	12
10	95	2.34	60	39	21
	95	4.00	38	14	24

Nota. Cantidad de cabellos caídos al inicio y al final de la aplicación del champú con el extracto de la hoja de la planta de escobillo obtenido con etanol al 95 %. Elaboración propia, realizado con Excel.

5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El estudio realizado tuvo como objetivo la extracción de la hoja de la planta del escobillo (*Sida acuta burm*), para utilizarlo en la formulación de un champú con el fin de obtener beneficios en el crecimiento y reducir caída del cabello.

Se realizó la extracción por medio de una maceración dinámica, se utilizó como solvente el etanol a dos concentraciones diferentes (70 % y 95 %), contando con 3 gramos de hojas por cada 100 mL de etanol, con un tiempo de extracción de 2 horas, una velocidad de agitación de 200 rpm y una temperatura de 55 °C, esto con el fin de evitar la evaporación del etanol, se hicieron 2 repeticiones, teniendo 4 extracciones en total.

Con el extracto obtenido se realizaron pruebas de identificación de aminoácidos para verificar la presencia del aminoácido betaína, ya que es uno de los componentes principales que contiene las hojas de la planta de escobillo que ayudan al crecimiento y a la reducción de la caída del cabello, se realizaron 3 pruebas de identificación (nitro prusiato sódico, molish y azufre reducido), los resultados de cada una se pueden observar en la sección de Anexos, observando que todas fueron positivas, por lo que se ha comprobado la presencia de un aminoácido en el extracto.

El extracto se ha utilizado para la formulación del champú, en el cual, se han realizado dos variaciones de porcentaje de masa de la cantidad del extracto en cada formulación (2.34 % y 4 %), y dos repeticiones de cada uno, teniendo 4 formulaciones de champú.

Como se puede observar en la tabla 8 y 9, se ha verificado si la formulación de champú causa irritación cutánea, a partir de una prueba hedónica basada en la norma ISO 10993-10, donde se observa si hay formación de eritema, escara y edema respectivamente, teniendo una puntuación de 0, esto indica que el champú no provoca irritación cutánea.

En la tabla 17, se observa el rendimiento de la extracción de la hoja de la planta de escobillo, obteniendo un rendimiento de extracción del 30.3 % al utilizar etanol al 70 % y 58.0 % al utilizar etanol al 95 %, observando que a mayor concentración de etanol se obtiene un mayor rendimiento, esto se puede observar igualmente en el ANOVA realizado, donde se acepta la hipótesis alterna planteada al inicio de la investigación, este comportamiento se debe a que el solvente contiene una mayor cantidad de etanol; de igual forma, en la parte de anexos se puede observar las hojas secas de escobillo luego de ser filtradas y colocadas en un horno, en donde se observa que las hojas colocadas en maceración con solvente de etanol al 95 % contienen una mayor decoloración comparada con las hojas maceradas con el etanol al 70 %.

En la tabla 18, se tiene la densidad de la formulación del champú de escobillo a los diferentes porcentaje en masa de la cantidad de extracto, para la formulación del extracto obtenido del etanol al 70 % y al utilizar un porcentaje en masa del 2.34 % en la formulación de champú se tiene una densidad media de 1.01 g/mL y al utilizar un porcentaje de masa del 4 % se ha obtenido una densidad media de 1.03 g/mL, así mismo, para la formulación de champú con el extracto obtenido con el etanol al 95 % y un 2.34 % de masa se obtuvo una densidad media de 1.01 g/mL y al utilizar 4 % la densidad media tuvo un valor de 0.99 g/mL, observando que a mayor cantidad del extracto etanólico de escobillo se tiene una menor densidad del champú, por lo tanto esto afecta a la densidad de la formulación del champú.

De acuerdo con el ANOVA realizado, se puede comprobar esta información, ya que el F crítico ha sido menor que la F de Fisher, validando la hipótesis alterna que se planteó al inicio de la investigación. Esto se debe a que el etanol más concentrado tiene una densidad menor. Así mismo esta densidad se pudo observar visiblemente en la formulación del champú, ya que a mayor cantidad de extracto el champú ha tenido un menor espesor. Pero cabe destacar que a pesar de agregar extracto etanólico al champú y al aplicarlo en el cabello no provocaba una resequedad, debido a que las cantidades son muy pequeñas para poder provocar estos efectos, y de igual forma para aportar una mayor suavidad se ha agregado una pequeña cantidad de extracto de avena al champú para brindar una mayor hidratación.

En la tabla 20 y 21 se observa la cantidad de cabellos caídos al inicio y al final de la aplicación del champú con el extracto de la hoja de la planta de escobillo obtenido con etanol al 70 % y 95 % respectivamente, teniendo en cuenta que las personas muestreadas utilizaron cada una de las formulaciones del champú, empezando siempre para cada porcentaje de masa del extracto con el etanol al 70 %, dejando un lapso aproximadamente de una semana entre cada prueba, por lo tanto si se compara ambas tablas, se observa que la mayor reducción de cabellos caídos es para el extracto obtenido con el etanol al 95 %, así mismo, a mayor cantidad de extracto etanólico de escobillo se han obtenido mejores resultados.

El beneficio en reducción de la caída del cabello se debe a que el escobillo contiene el aminoácido denominado betaína (Lemus, 1999), el cual tiene como principal reacción metabólica la transferencia de un grupo metilo a la molécula de homocisteína formando así una molécula de metionina. La metionina es un aminoácido esencial azufrado que contribuye en la síntesis de proteínas y puede ser regenerada a partir de la betaína y la homocisteína, la metionina estimula el

crecimiento de nuevos cabellos, reduce la caída y, al ser un antioxidante, protege al cabello del estrés oxidativo, uno de los principales causantes de la pérdida de cabello, por lo tanto, esto es la causa de la reducción de la caída del cabello al utilizar la formulación del champú de escobillo.

Cabe destacar que al observar los valores de cabellos caídos al inicio en las personas que tenían un mayor problema en la caída del cabello, conforme iban realizando las pruebas, a pesar de dejar un lapso de tiempo entre cada una, la cantidad de cabellos caídos al inicio ha sido menor, esto se debe al uso consecutivo del champú.

Con los resultados obtenidos se ha tenido evidencia que el uso del champú de escobillo ha proporcionado beneficios en el crecimiento y caída del cabello.

CONCLUSIONES

1. Con un nivel de confianza del 95 % se acepta la hipótesis alterna, existe diferencia significativa en el rendimiento para la obtención del extracto de la hoja de la planta de escobillo (*Sida acuta burm*), al variar el solvente.
2. Con un nivel de confianza del 95 % se acepta la hipótesis alterna, existe diferencia significativa en la densidad en la formulación del champú a base del extracto de la hoja de la planta de escobillo (*Sida acuta burm*), al variar la concentración del extracto.
3. Se ha obtenido una puntuación promedio de 0 en las pruebas hedónicas de irritabilidad, por lo tanto, el champú no es irritante y se puede utilizar de forma segura.
4. De las personas seleccionadas para poder participar, algunas tuvieron un valor insignificativo en la caída del cabello, pero en el grupo que tenían una mayor caída del cabello tuvieron un mayor impacto al utilizar el champú, reduciéndose más del 50 % la caída del cabello.
5. Se ha obtenido una mayor reducción de la caída del cabello al utilizar la formulación de champú con el extracto obtenido con etanol al 95 %.
6. Se ha obtenido una mayor reducción de la caída del cabello al utilizar la formulación de champú con el 4 % de extracto.

RECOMENDACIONES

1. Incrementar el tiempo de maceración se obtienen mayores beneficios en el crecimiento y la reducción de caída del cabello.
2. Aumentar la cantidad de extracto etanólico en la formulación se obtienen mejores resultados en el crecimiento y la reducción de la caída del cabello.
3. Reducir el tamaño de la partícula, previo al secado para una mejor extracción y que se obtengan mejores resultados en el crecimiento y la reducción de la caída del cabello.
4. Evaluar otros métodos de extracción como: lixiviación por maceración estática, lixiviación con equipo de extracción soxhlet, lixiviación con maceración a reflujo dinámica y lixiviación con maceración a reflujo estática, para evaluar rendimiento.

REFERENCIA

- Benedetti, J. (febrero de 2019). *Descripción de las lesiones cutáneas*. Manual MSD. <https://www.msmanuals.com/es/professional/trastornos-dermatologicos/abordaje-del-paciente-dermatologico/descripcion-de-las-lesiones-cutaneas>
- Benítez, R., Sarria, R. y Gallo, J. (2018). Obtención y rendimiento del extracto etanólico de dos plantas medicinales. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 15(1), 31-38. <https://doi.org/10.18359/rfcb.3597>
- Carey, F. (2006). *Química Orgánica*. Mc Graw Hill.
- Castañeda, P., y López, S. (2018). El pelo: generalidades y enfermedades más comunes. *Revista de La Facultad de Medicina (México)*, 61(3), 48–56. <https://www.medigraphic.com/pdfs/facmed/un-2018/un183f.pdf>
- González, V., Rodeiro, C., Sanmartín, C., y Vila, S. (2014). *Introducción al análisis sensorial*. IES de Mugardos. <https://iestpcabana.edu.pe/wp-content/uploads/2021/11/INTRODUCCION-AL-ANALISIS-SENSORIAL.pdf>
- Gordillo, B., y Quiroz, M. (2018). Química de cosméticos. *Revistas UNAM, Educación Química*, 6(1), 24. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.1995.1.66731>

ISO, N. (febrero de 2011). *Ensayos de irritación y sensibilización cutánea*. Normativa Española. file:///C:/Users/Dell/Downloads/EXT_G6fpMxjVOVbVgZtKfwJz.pdf

L. Wade (2012). *Química Orgánica Volumen 2*. Pearson Educación.

Lemus, M. (1999). *Etnobotánica con énfasis en el aspecto agronómico de las plantas medicinales usadas por el grupo étnico káqchikel en el municipio de Tecpán, Guatemala, Chimaltenango*. [Tesis de licenciatura, Universidad San Carlos de Guatemala]. Archivo digital. <http://fausac.usac.edu.gt/tesario/tesis/T-01805.pdf>

Ministerio de Economía (2017). *Infografía del cuidado del cabello*. https://portal.mineco.gob.gt/sites/default/files/estudio_de_industria_-_cuidado_del_cabello.pdf

Parsley, W. (2004). Natural hair patterns [Patrones de cabello naturales]. *Facial Plastic Surgery Clinics of North America* [Clínica de cirugía plástica facial de Norteamérica], 12(2), 167–180. <https://doi.org/10.1016/j.fsc.2003.12.006>

Pulido, H. y de la Vara, R. (2008). *Análisis y diseño de experimentos*. McGraw-Hill.

Rodríguez, R. (2008). *Estudio de las plantas medicinales conocidas por la población de la comunidad de Primavera, del municipio de Ixcán, Quiché, utilizando técnicas etnobotánicas*. [Tesis de licenciatura, Universidad San Carlos de Guatemala]. Archivo digital. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2405.pdf

- Samaniego, J., y Fuertes, C. (2017). Diseño y formulación de un champú a base de extracto alcohólico de *Urtica urens* L. para su aplicación contra la caída del cabello. *Revista de La Sociedad Química del Perú*, 83(3), 265–272. <https://doi.org/10.37761/rsqp.v83i3.110>
- Schmitt, J., Ferrari, C., de Mello, F., Delledone, E., & Lemos, F. (2012). Hair loss perception and symptoms of depression in female outpatients attending a general dermatology clinic [Persepción de la caída del cabello y síntomas de depresión en pacientes ambulatorias del sexo femenino que acuden a una consulta de dermatología general]. *An Bras Dermatol* [Un Sujetador Dermatol], 87(3), 412-7. doi: 10.1590/s0365-05962012000300010
- Soria, X. y Casanova, J. (s.f.). *Eritema en el cuero cabelludo*. Dermatoweb. <http://dermatoweb.udl.es/atlasg.php?idfoto=398161&lletra=d&pag=1&idsubmenu=2485&idapartat=&idsubapartat>
- Souza, M., Casari, M., Liberato, C., y da Costa, P. (2012). Efeito da época sobre a emergência de *Sida rhombifolia* e *Solanum viarum* em diferentes profundidades de sementeira [Efecto de la estación en la emergencia de *Sida rhombifolia* y *Solanum viarum* a diferentes profundidades de siembra]. *Revista Ceres*, 749–754. <https://www.scielo.br/j/rceres/a/fv95yQN3HszCP3yrxBRFnTp/?format=pdf&lang=pt>
- Wasko, C., Mackley, L., Sperling, L., Mauger, D., & Miller, J. (2008). Standardizing the 60-Second Hair Count [Estandarizando el recuento de cabello en 60 segundos]. *Arch Dermatol* [Arco Dermatol], 144(6), 759–762. doi:10.1001/archderm.144.6.759

APENDICES

Apéndice 1.

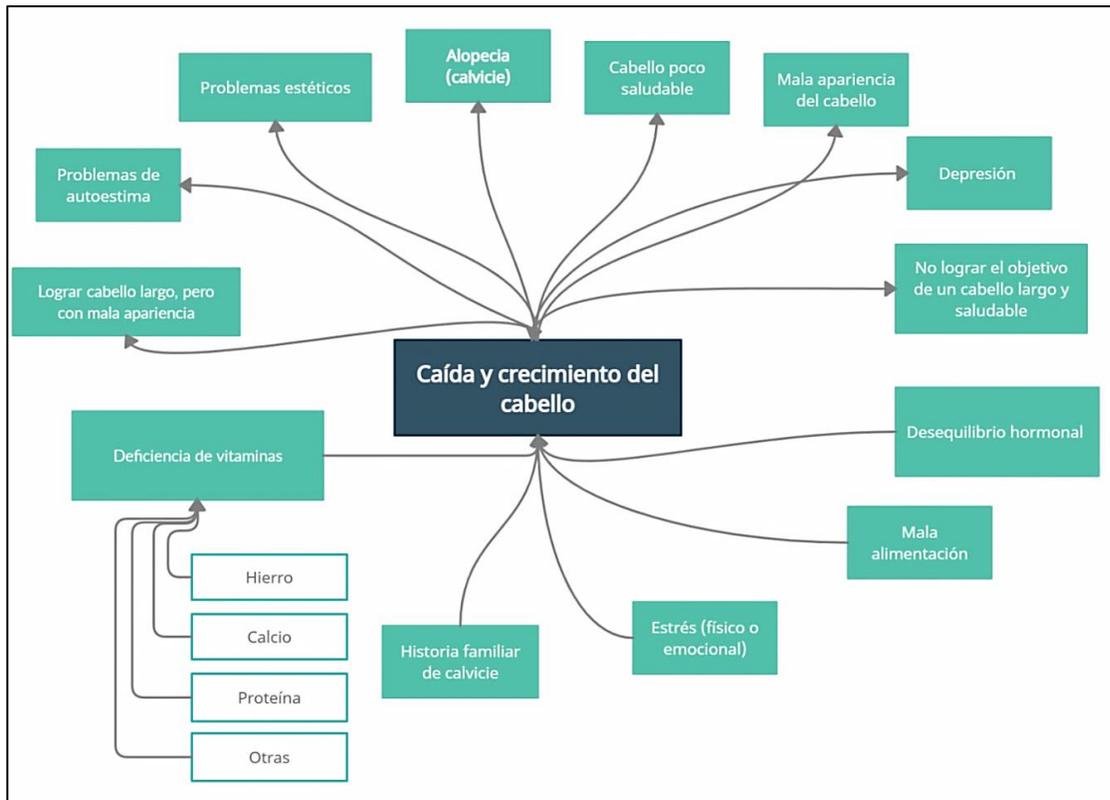
Requisitos académicos

Área	Curso	Tema
Química	Química 3 y 4 Análisis cualitativo Química Orgánica 1y 2	Soluciones Medición del pH Compuestos orgánicos en las plantas
Especialización	Extracciones industriales	Extracción por el método de maceración dinámica
Área de Ciencias Básicas y Complementarias	Técnicas de estudio e investigación Estadística 1 y 2	Método de investigación Análisis estadístico

Nota. Tabla de los distintos requisitos académicos. Elaboración propia, realizado con Excel.

Apéndice 2.

Árbol de problemas



Nota. Árbol de problemas, indicando sus diferentes causas y efectos. Elaboración propia, realizado con draw.io.

Apéndice 3.

Análisis estadísticos

Los análisis estadísticos elaborados se basaron en el Análisis de Varianza (ANOVA) y la prueba F; para ello se utilizó el programa Microsoft Excel.

Análisis de varianza para el rendimiento de la extracción del extracto etanólico

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	765.444	1.000	765.444	26.805	0.035	18.513
Dentro de los grupos	57.111	2.000	28.556			
Total	822.556	3.000				

Nota. Análisis de varianza para el rendimiento de la extracción del extracto etanólico de las hojas de la planta de escobillo con nivel de confianza del 95 %. Elaboración propia, realizado con Excel.

Apéndice 4.

Análisis de varianza con un nivel de confianza del 95 %

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.0018	3	0.0006	8.8827	0.0305	6.5914
Dentro de los grupos	0.0003	4	0.0001			
Total	0.0020	7				

Nota. Análisis de varianza para la densidad de las diferentes formulaciones de champú con un nivel de confianza del 95 %. Elaboración propia, realizado con Excel.

Apéndice 5.

Fotografías del proceso

Título	Fotografía	Descripción
Planchas del proceso de Lixiviación por maceración dinámica		Forma en la que se colocaron las planchas en el laboratorio para el proceso de Lixiviación
Plancha del proceso de Lixiviación por maceración dinámica		Forma en la que se colocó cada plancha en el laboratorio para el proceso de Lixiviación, mostrando la temperatura utilizada
Extracto etanólico obtenido con etanol al 95 % y 70 % respectivamente		Diferencia visual de la extracción con etanol al 95 % y 70 %

Continuación del apéndice 5.

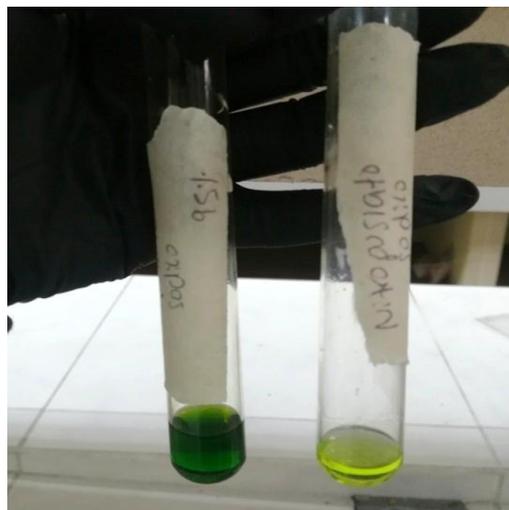
Título	Fotografía	Descripción
Hojas secas de escobillo luego la extracción y secado		Hojas secas de escobillo luego la extracción y secarlas en la mufla con el extracto al 70 % y 95 % respectivamente Diferencia visual de las hojas secas con etanol al 95 % y 70 %.
Champú de escobillo proporcionado a cada persona de la muestra al 70 % y 95 %		Forma de presentación del champú.

Nota. Pasos a seguir para la elaboración del champú. Elaboración propia, realizado con Excel.

Apéndice 6.

Pruebas de identificación de aminoácidos

Prueba de identificación de Nitro Prusiato Sódico



Nota. Resultados de la prueba de identificación. Elaboración propia.

Apéndice 7.

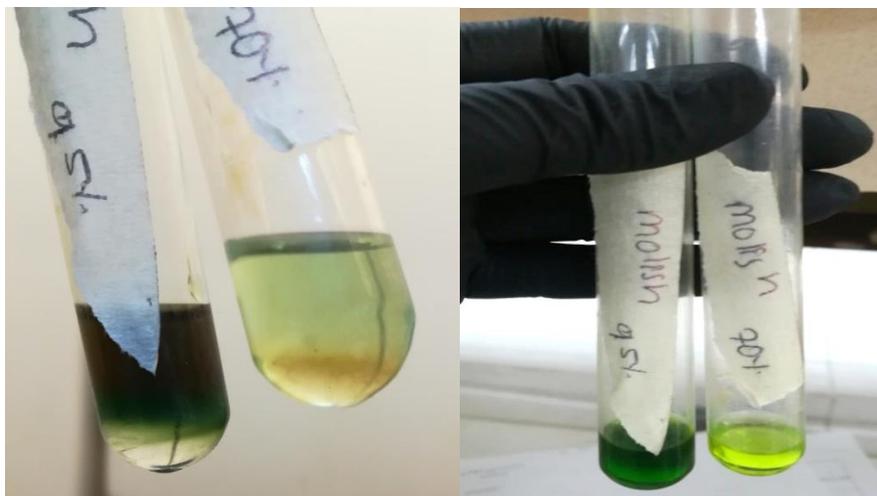
Resultados de la prueba de identificación de Nitro Prusiato Sódico

Porcentaje de etanol	Resultado	Criterio
70	Positivo	Los aminoácidos contienen azufre, al mezclarse con NH_4OH desprenden el azufre en forma de sulfuro de sodio, el cual al combinarse con el nitroprusiato de sodio forman un complejo de color camerí (Plummer, 1981).
95	Positivo	

Nota. Presentación de porcentajes, resultados y criterios de la prueba. Elaboración propia, realizado con Excel.

Apéndice 8.

Prueba de identificación de Molish



Nota. Resultados de la prueba de identificación. Elaboración propia.

Apéndice 9.

Resultados de la prueba de identificación de Molish

Porcentaje de etanol	Resultado	Criterio
70	Positivo	La reacción de molish consiste en un método cualitativo que permite observar la presencia de un anillo púrpura en el fondo, al igual que dos fases.
95	Positivo	

Nota. Resultados obtenidos al realizar la prueba de Molish. Elaboración propia, realizado con Excel.

Apéndice 10.

Prueba de identificación de Azufre Reducido



Nota. Resultados de la prueba de identificación. Elaboración propia.

Apéndice 11.

Resultados de la prueba de identificación de Azufre Reducido

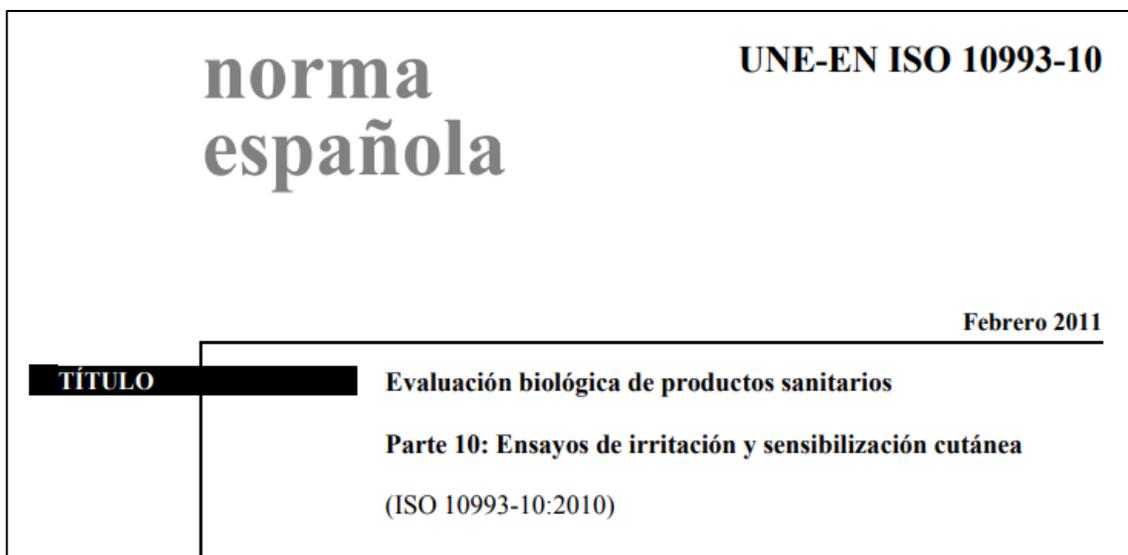
Porcentaje de etanol	Resultado	Criterio
70	Positivo	Esta reacción se basa en la separación mediante un álcali del azufre de los aminoácidos, el cual, al reaccionar con una solución de sulfato de plomo, forma el sulfuro de plomo. Esta prueba se pone en manifiesto por la formación de un precipitado negrozco de sulfuro de plomo al final.
95	Positivo	

Nota Resultados obtenidos al realizar la prueba de Azufre Reducido. Elaboración propia realizado con Excel.

ANEXO

Anexo1.

ISO, N. NORMA ISO 10993-10



Nota. Portada de la Norma ISO 10993-10. Adaptado de Normativa Española (2011). *Norma ISO 10993-10.* (file:///C:/Users/Dell/Downloads/EXT_G6fpMxjVOVbVgZtKfwJz.pdf), consultado el 15 de mayo de 2021. De dominio público.

