

INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

La humanidad ya utilizaba los aceites esenciales, Amaris Natural. (1997). Aceites esenciales. Amaris Natural, indica que los egipcios fueron los primeros en hacer uso de ellos, utilizaban una forma primitiva de destilación para extraer los aceites, calentando las plantas en ollas de arcilla con la parte de arriba recubierta de lino, el vapor impregnaba los filtros de lino y al escurrirlos se obtenían los aceites esenciales.

Más tarde los griegos mejoraron el sistema de destilación. Estos consiguieron preservar la fragancia y la pureza de los aceites.

El médico persa Avicena perfeccionó el proceso de destilación, introduciendo el sistema de refrigeración en el proceso. Se utilizaban estos aceites de forma curativa, en la segunda guerra mundial se curaban a enfermos con estos aceites.

El acondicionador de cabello moderno según Batista, R. (2023). Historia de la cosmética fue creado cuando el reconocido perfumista francés Édouard Pinaud presentó un producto llamado "brillantina" en la Exposición Universal de París de 1900. Su producto estaba destinado a suavizar el cabello de los hombres, incluyendo las barbas y bigotes.

En la década de 1950, con el auge de las peluquerías y la televisión, los productos capilares se convirtieron en un negocio importante, y se empezaron a desarrollar productos específicos para cada tipo de cabello. En la actualidad, los productos capilares incluyen una amplia variedad de opciones, desde champús y acondicionadores orgánicos hasta productos para el peinado y el alisado, existen todo tipo de productos capilares enfocados en atender las necesidades específicas de cada tipo de cabello.

Los avances en la investigación y tecnología permiten la creación de productos más eficaces y seguros para el cuidado del cabello.

H., M. (2025). Medihair indica que en el año 2023 la industria del cuidado del cabello generó más de 91 millones de ingresos y se prevé que en 2025 el mercado mundial del cuidado del cabello incrementará en un 200%.

Estados Unidos y Alemania fueron los dos principales países exportadores de productos para el cabello en 2022, registrando ambos un valor transaccional superior a los 1.500 millones de dólares

estadounidenses. Estos dos países cubren el 60 por ciento de la demanda del Estado Plurinacional, y Tarija cubre el restante 40 por ciento, Cochabamba y Chuquisaca lo hacen en menor cantidad.

1.2.Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Elaborar crema capilar enriquecido con aceite de ricino para fortalecer y ayudar al crecimiento del cabello en la provincia de Cercado del Departamento de Tarija.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Caracterizar al aceite de ricino (perfil de ácidos grasos) en el Laboratorio de Centros de Investigaciones Químicas S.R.L. “CIQ” en el Departamento de Cochabamba.
- Realizar un diseño experimental para identificar las variables optimas en la elaboración de la crema capilar con aceite de ricino, de acuerdo a pruebas preliminares ejecutadas antes.
- Determinar el costo de producción a escala laboratorio del producto terminado mediante costos fijos y variables.
- Analizar el producto terminado según normativa Iso 22716-2007, así como también referencias bibliográficas como el texto “Cosmetic and Toiletry Formulations” de Ernest W. Flick (2013).
- Comprobar la hipótesis formulada, a través de variables, utilizando inferencia estadística y una muestra experimental de prueba para demostrar el crecimiento del cabello y su efectividad en colaboración de un médico profesional.
- Efectuar la prueba de efectividad en pacientes críticos con la aplicación de la crema capilar.

1.3.Justificación

1.3.1. Justificación Social

Con este proyecto se pretende contribuir de manera social a toda la provincia de Cercado del Departamento de Tarija, incentivando a la producción de aceite de ricino, el cual se encuentra en el departamento, además de promover la producción de productos para el cuidado del cabello como

es la crema capilar, generando empleos y ayudando al departamento ya que existe una demanda creciente de productos para el cuidado del cabello direccionados al crecimiento del cabello.

1.3.2. Justificación Económica

Se propone darle un valor agregado al aceite de ricino generando ingresos para la provincia además de generar la necesidad de producción de este aceite aumentando la demanda, siendo existente el ricino en el departamento, así generar ingresos económicos al departamento, por otro lado con esto se pretende reducir las importaciones en cremas capilares direccionadas al crecimiento de cabello, aportando una reducción de gastos económicos al momento de estas importaciones ya sean Nacionales o Internacionales.

1.3.3. Justificación Ambiental

En el presente trabajo no se muestran residuos generados, teniendo solo la cascara de penca no utilizada, la cual no genera ninguna contaminación, siendo parte de materia orgánica, por otra parte, la crema capilar no tiene un impacto ambiental dentro nuestra social, además las sustancias presentes en la formulación de la misma son amigables con el medio ambiente, empezando desde el aceite de ricino, hasta el conservante y fragancia usados. Se aprecia un producto amigable con el medio ambiente.

1.3.4. Justificación Tecnológica

La presente crema capilar ha sido desarrollada como un tratamiento acondicionador intensivo con enjuague, formulado para hidratar, reparar y proteger la fibra capilar mediante una emulsión estable tipo O/W. Incorpora activos como vitamina C, keratina hidrolizada y aceites naturales (coco y ricino) que promueven la reestructuración capilar y mejoran la manejabilidad. El sistema está estabilizado con alcohol cetílico y conservado eficazmente con Fungozur. Se han considerado parámetros técnicos como pH, acidez titulable, viscosidad y estabilidad microbiológica, asegurando compatibilidad dérmica, eficacia funcional y seguridad para el usuario final. La formulación cumple con normativas vigentes en cosmética y buenas prácticas de fabricación.

CAPITULO I
MARCO TEÓRICO

1.1 Crema Capilar

La crema capilar citada por Rodríguez, N. (2023). El ABC de la cosmetología natural. En Cosmetología y bienestar (pp. 25). Editorial Amaris, ofrece a nuestro pelo hidratación y nutrición extrema, ayudando a mejorar su apariencia y a fortalecerlo, es un producto pensado para ofrecer al cabello una hidratación profunda que lo ayude a estar protegido del calor extremo, del sol, del frío y también de las temperaturas elevadas a las que a veces lo sometemos con el uso de secadores y planchas.

Dione Química S.R.L. (1985). Productos y aplicaciones de la química en la cosmética. Dione Química S.R.L. el baño de crema capilar está formulado para ser fácilmente absorbido por el cabello dejando un toque suave y aterciopelado. Es una crema rica en nutrientes, los aceites naturales presentes en la formulación le aportan propiedades humectantes. Es una máscara de doble acción: revitalizante y suavizante, que actúa en forma selectiva sobre las partes más porosas y frágiles del cabello castigado. El pelo tratado con este producto recobra progresivamente los elementos vitales, reestableciendo su flexibilidad natural.

Una crema capilar son sistemas dispersos compuestos por dos fases inmiscibles (acuosa y oleosa) estabilizadas por un sistema emulgente. La crema capilar está formulada para ser fácilmente absorbido por el cabello dejando un toque suave y aterciopelado. Es una crema rica en nutrientes, los aceites naturales presentes en la formulación le aportan propiedades humectantes. Es una máscara de doble acción: revitalizante y suavizante, que actúa en forma selectiva sobre las partes más porosas y frágiles del cabello castigado. El pelo tratado con este producto recobra progresivamente los elementos vitales, reestableciendo su flexibilidad natural.

Una crema capilar es una crema de peinado sin aclarado que ayuda a la manejabilidad del cabello, también ayudan a que las fibras capilares se alisen y se suavicen, evitando el efecto de electricidad estática durante el proceso de peinado, o durante el día, especialmente para cuidar tu cabello en invierno.

Asimismo, las cremas capilares ayudan al cabello naturalmente rizado a recuperar y potenciar la definición de sus rizos, dejándolos elásticos y llenos de vitalidad. Las cremas capilares no contienen polímeros de peinado, por lo que no tienen las mismas propiedades de fijación que la cera y los geles, pero pueden ayudar a combatir el encrespamiento, a controlar el cabello rebelde y a prevenir la electricidad estática, suavizándolo en el acto y dejándolo más sedoso al tacto.

La Universidad Mayor de San Andrés. (2023). Emulsiones con aceite de semilla de uva (Tesis de licenciatura). Universidad Mayor de San Andrés, menciona que las cremas capilares ofrecen hidratación, sobre todo al cabello graso, reseco o teñido. También recomienda para quienes se exponen con frecuencia a la plancha y secador.

1.2 Técnicas de Obtención en crema capilares

La crema capilar se obtiene mediante formulación de manera experimental realizando pruebas, de acuerdo a las técnicas de obtención según la Universidad Nacional Autónoma de México. (2013). Desarrollo de los manuales de prácticas de laboratorio para las asignaturas de tecnología de formas cosméticas (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México, tenemos por medio caliente y por medio frío, nuestra elaboración se divide en dos partes donde una es la parte oleosa y la otra acuosa, estas partes pueden variar el método de realizar de acuerdo al experimento y al mejor resultado.

1.2.1 Método Caliente

Dentro de textos relacionados a la formulación y elaboración de productos cosméticos se tiene el método por medio caliente, el cual implica calentar los ingredientes líquidos y sólidos para crear una mezcla homogénea.

1.2.1.1 Ventajas del método Caliente

El método caliente puede ser beneficioso para:

- Crear emulsiones estables y homogéneas.
- Disolver sólidos y grasas de manera eficiente.

1.2.2 Método Frío

El método frío implica mezclar los ingredientes a temperatura ambiente o refrigerados, este método puede ser mucho mejor pero puede no tener buena textura, viscosidad, homogeneidad, etc.

1.2.2.1 Ventajas del método Frío

El método frío puede ser beneficioso para:

- Preservar la estabilidad y la integridad de los ingredientes sensibles al calor.
- Reducir el riesgo de formación de grumos o separación de los ingredientes.

Según Wilcox, H. (2015). Química cosmética. Elsevier, las técnicas para su elaboración están basadas en el tratamiento que se quiere dar al cabello, puede ser centrada en problemáticas diferentes como tratamiento para la caspa, para el cabello graso, para el cabello reseco, quebradizo, friz, para tratar la caída de cabello, falta de brillo, etc.

Es por esto que se debe estudiar al cabello y tener identificado el problema y que es lo que se quiere tratar, esto para saber que insumos se utilizarán y que técnica llevar a cabo.

1.3 Emulsiones Cosméticas

Una emulsión según Universidad Mayor de San Andrés. (2023). Emulsiones con aceite de semilla de uva (Tesis de licenciatura). Universidad Mayor de San Andrés es un sistema heterogéneo formado por dos fases líquidas inmiscibles entre sí que se unen gracias a la incorporación de un emulgente o tensioactivo y por la aportación de energía mecánica (mediante agitación) con ayuda de calor.

1.3.1 Tipos de Emulsiones

Una emulsión estable debe contener por lo menos tres tipos de componentes:

- * La fase dispersa
- * El medio de dispersión

* Agente emulsificante

Basada en la naturaleza de la fase dispersa:

- Aceite en agua (O/W), dispersión de un líquido inmiscible en agua (siempre llamado aceite) en una fase acuosa.
- Agua en aceite (W/O), dispersión de agua o de una solución acuosa en un líquido inmiscible en agua.

Basada en el tamaño de las gotas de la FI:

- 0.2 – 50 mm: 50 mm: Macro emulsiones
- 0.01 – 0.2 mm: 0.2 mm: Micro emulsiones

1.4 Tensoactivos

Los tensoactivos Campos, J. C. (2023). Teoría sobre los tensoactivos (Versión 01.00).versier, son moléculas que presentan una estructura polar/no polar, con tendencia a localizarse en la interfase formando una capa mono molecular absorbida en dicha interfase. Las soluciones de tensoactivos resultan ser activas al colocarse en forma de capa mono molecular absorbida en la superficie entre las fases hidrofílicas e hidrofóbicas. Esta ubicación impide el tráfico de moléculas que van de la superficie al interior del líquido en busca de un estado de menor energía, disminuyendo así el fenómeno de tensión superficial.

1.4.1 Tipos de Tensoactivos

Los tensoactivos de acuerdo con sus propiedades fisicoquímicas se clasifican en:

- **Aniónicos:** Este tipo de tensoactivo son aquellos que en solución se ioniza, el grupo hidrófobo queda cargado negativamente. Se caracteriza por la existencia en su molécula de cationes orgánicos e inorgánicos y una parte hidrofílica que contienen grupos aniónicos, unidos a la fracción orgánica.
- **No iónicos:** Estos no se ionizan, se solubilizan mediante un efecto combinado de un cierto número de grupos solubilizantes débiles y grupos hidroxilos en su

molécula. Tienen la ventaja de que son estables frente a la mayoría de productos químicos en las concentraciones usuales de empleo, al no ionizarse en agua, no forman sales con los iones metálicos y son igualmente efectivos en agua blanda o dura. Su naturaleza química los hace compatibles con otros ATA catiónicos, aniónicos y coloides cargados positiva o negativamente.

- **Anfóteros:** Presentan en sus moléculas grupos aniónicos y catiónicos, formados por una cadena grasa y un nitrógeno cuaternario, conteniendo un radical aniónico, son productos estables en sistemas ácidos y alcalinos. Bajo pH se comportan como catiónicos, a alto pH como aniónicos y a pH neutro exhiben ambas propiedades.

1.4.2 Propiedades de los tensoactivos

Los tensoactivos aportan una variedad de propiedades muy importantes los cuales les hace indispensables en diferentes producciones, entre las propiedades que aporta según Campos, J. C. (2023). Teoría sobre los tensoactivos (Versión 01.00) tenemos:

- Tensión Superficial, tensión interfacial
- Adsorción
- Asociación
- Detergencia
- Desengrase
- Emulsiones
- Humectabilidad

1.5 Ricino

Herrera, L. (Ed.). (2016). Manual de plantas invasoras de Sudamérica. Editorial Universitaria. Indica que *R. communis* es una especie altamente invasora en algunos países de Asia, Europa y en Estados Unidos, Costa Rica, Cuba, Jamaica, Puerto Rico, Argentina, Chile, Ecuador, Uruguay, Paraguay. Es capaz de crecer rápidamente en

climas templados y se ha escapado de los cultivos para convertirse en una maleza nociva. Además, contiene ricina, un producto químico extremadamente tóxico; el follaje y las semillas pueden causar dermatitis severa. Genera gran interés a nivel mundial gracias al contenido de aceite extraído de la semilla, al cual puede ser utilizado en la producción de biocombustibles, productos farmacéuticos y cosmetológicos, abonos orgánicos, entre otros usos.

La Universidad Ricardo Palma. (2022). Castor Bean (*Ricinus Communis* L.). Universidad Ricardo Palma indica que las semillas de higuera contienen importante contenido de aceite y tiene versatilidad en la industria con más de 700 usos como cosméticos, plásticos, lubricantes, medicamentos y, especialmente, para la producción de biodiesel. El contenido de aceite oscila entre 35 y 60%, esto en total dependencia de la variedad de semillas y ambiente donde crece y desarrolla.

1.5.1 Taxonomía

Tabla I- 1. Taxonomía del Ricino

TAXONOMÍA	
Reino	Plantae
Phylum	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Malpighiales
Familia	Euphorbiaceae
Genero	<i>Ricinus</i>
Especie	<i>Ricinus communis</i> L.

Fuente: CABI. (2016). *Ricinus communis*. En *Invasive Species Compendium*.

1.6 Aceite de Ricino

El aceite obtenido de la semilla de *R. communis*, es un triglicérido de un ácido graso, y es uno de los pocos glicéridos naturales de alta pureza ya que la porción de ácido graso contiene casi 900 g kg⁻¹ de ácido ricinoléico. Contiene cantidades considerables de ácido graso de hidroxilo único, ácido ricinoléico (C₁₈H₃₄O₃) estructuralmente conocido como ácido cis-12-hidroxiocetadeca-9-enoico, ácido graso hidroxilado de 18 carbonos que tiene un doble enlace. La presencia de ácido ricinoléico proporciona al aceite de higuerrilla sus propiedades únicas y versatilidad inusual.

Este aceite se diferencia de otros por su alto valor de acetilo o hidroxilo, con un índice de yodo, viscosidad y gravedad específica comparable a otros aceites, debido a la composición química que presenta, el aceite posee ciertas propiedades químicas y físicas, que permiten su aprovechamiento en diferentes procesos en la industria química; por ejemplo, en la elaboración de pinturas, recubrimientos, lubricantes, cosméticos, resinas, etc.

1.6.1 Propiedades Físicas y químicas

Según la Organización Mundial de la Salud. (2003). Directrices sobre el uso de productos cosméticos y su seguridad es un aceite muy viscoso, casi incoloro o ligeramente amarillo, higroscópico y resistente a la oxidación. Miscible con etanol.

No es irritante ni sensibilizante, su principal desventaja es el olor que se puede enmascarar con el perfume. Líquido límpido, viscoso.

Poco soluble en petróleo ligero, al 96 por ciento y con ácido acético glacial. Densidad: aprox. 0,958 g/ml. Índice de refracción: aprox. 1,4790.

1.6.2 Beneficios que aporta al cabello

El aceite de ricino tiene varios beneficios para el cabello, entre ellos:

- **Hidratación:** Retiene la humedad, lo que ayuda a que el cabello no se parta en las puntas.
- **Fortalecimiento:** Mejora la circulación del cuero cabelludo, lo que ayuda a

fortalecer el cabello y a reducir su rotura.

- **Nutrición:** Contiene vitamina E y ácidos grasos, lo que ayuda a nutrir el cabello dañado y seco.
- **Purificación:** Atrae impurezas y oxigena los folículos pilosos.
- **Antimicrobiano:** Ayuda a combatir la caspa.
- **Protección:** Ayuda a sellar el cabello debilitado y las puntas abiertas.

Al abrir la cutícula del cabello, su uso en el cuero cabelludo permite una mejor absorción del ácido ricinoleico, un ingrediente que favorece el crecimiento.

Si bien no hay evidencia científica para afirmar que el aceite de ricino tiene la capacidad de hacer crecer el cabello la Revista de Dermatología. (2018). Efectos del aceite de ricino en el crecimiento del cabello. Revista de Dermatología, 35(2), 112-118 menciona que sus propiedades favorecen a un pelo sano y, por consiguiente, a un crecimiento saludable.

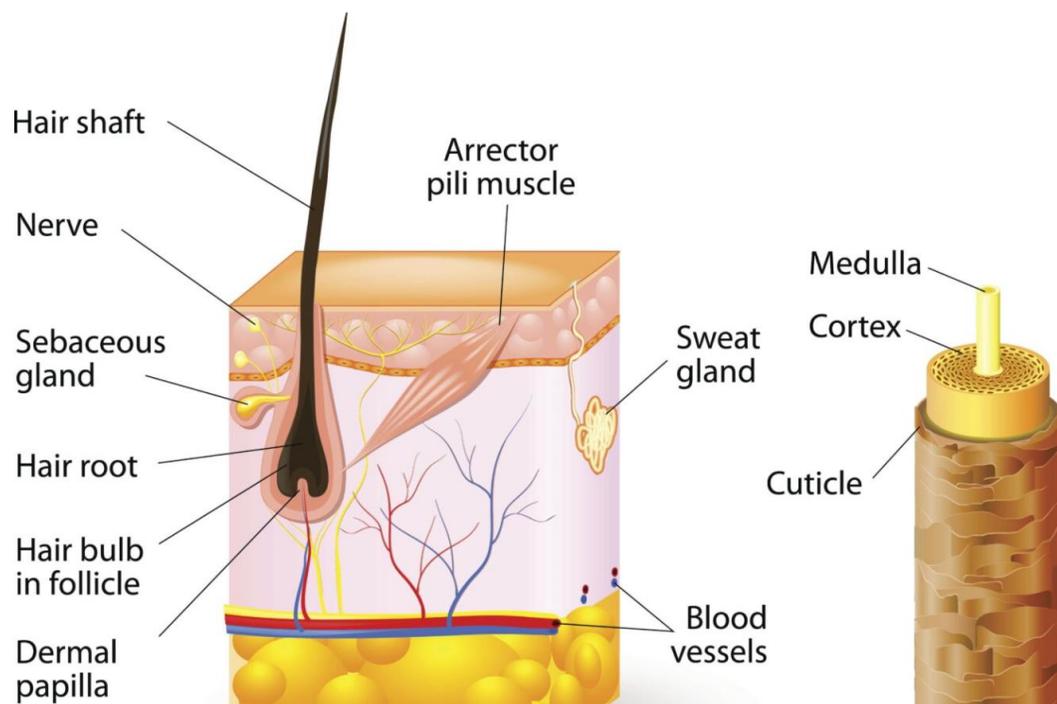
Su alta concentración de ácido ricinoleico permite una mejor circulación sanguínea del cuero cabelludo, lo que se traduce en folículos pilosos nutridos, hebras más resistentes y menos quiebre. Es también un excelente purificador, ya que atrae las impurezas (esto significa: folículos pilosos bien oxigenados). A su vez, al ser un potente humectante, el aceite de ricino ayuda a retener la hidratación en las fibras y potenciar el brillo. Dicho todo esto, sabemos que la buena circulación sanguínea y la hidratación son dos condiciones indispensables para que el pelo crezca sana y sostenidamente.

1.7 Anatomía del Cabello

Según Rains, D. W. (2018). Anatomía del cabello. Editorial Médica, el cabello dentro de la piel se genera a partir del folículo piloso o bulbo raíz. Los cabellos varían considerablemente en el cuerpo, y en algunas áreas como los párpados no se proyectan fuera de los folículos que los contienen. El folículo es una extensión de la epidermis hacia la capa de la dermis de la piel.

La capa epidérmica rodea al cabello y se denomina funda de la raíz. Esta se divide en una funda exterior y una interior que se encuentra junto a la delicada cutícula del cabello. Las células de la cutícula de la funda interna están colocadas en capas descendentes, encajando muy cerca de las escamas colocadas en capas ascendentes de la cutícula del cabello. La funda interna de la raíz está compuesta de dos capas: la capa de Huxley compuesta por células nucleadas aplanadas y queratinizadas, y la capa de Henle, compuesta de células oblongas sin núcleos visibles.

Figura I- 1. Anatomía del cabello



Fuente: International Hair Clinic

El cabello tiene un centro denominado médula. Dentro de la capa de piel presenta una forma líquida y frecuentemente con burbujas de aires. Alrededor de la médula se encuentra la corteza, células alargadas que forman la estructura fibrosa principal y la fortaleza del cabello. Los gránulos de pigmento pueden encontrarse en los pequeños espacios entre estas células. A medida que las células de la corteza se mueven hacia

fuera y hacia la capa externa del cabello, se afinan y se asemejan a escamas, formando la cutícula del cabello.

1.7.1 Estructura del cabello

Su estructura indicada por Duke, J. A. (2019). Tratado de tricología. Editorial Médica Panamericana. está compuesta por:

- **El bulbo capilar:** Es la bolsita de la dermis que rodea la base de cada pelo y dónde se encuentran la matriz capilar (da origen al pelo) y la papila dérmica (es la responsable del crecimiento del pelo).
- **Músculo erector:** La función del músculo erector es la de poner el pelo en posición vertical. Actúa cuando se nos pone la piel de gallina y el pelo se nos eriza. (Al sentir miedo o frío).
- **El tallo del cabello:** Es la parte visible de cualquier cabello y está compuesto por la médula (queratina), corteza (responsable de dar fuerza, elasticidad y textura al cabello) y la cutícula (se trata de unas células, similares a las tejas de un tejado, que se encargan de proteger la corteza del cabello).
- **Glándula sebácea:** Son las encargadas de segregar el sebo para lubricar nuestro pelo y protegerlo de los microbios.

1.7.2 Composición química del cabello

El principal componente del pelo es la queratina. Además de la queratina, destaca la presencia de melanina, un pigmento que determina el color del pelo. El cabello tiene la siguiente composición elemental:

- Queratina (85%): proteína (cadena de aminoácidos con un 20% de cistina - aminoácido azufrado-)
- Estabilidad mecánica
- Resistencia a la tracción
- Elasticidad

- Carga de ruptura
- Melanina: pigmento que determina el color del cabello
- Hierro, zinc, calcio, magnesio, yodo, lípidos, urea
- Agua (12%)

Como podemos ver la proteína más abundante es la queratina alfa, una proteína compuesta por cadenas polipeptídicas muy resistentes ricas en cisteína, azufre.

1.7.3 Factores que influyen en el crecimiento del cabello

Según Duke, J. A. (2019). Tratado de tricología. Editorial Médica Panamericana la caída del cabello y la pérdida de respuesta de nuestro organismo, obedece a una serie de desórdenes bioquímicos que en poco tiempo afectan irreversiblemente a la estructura microscópica del folículo piloso. Hasta ahora estos factores desencadenantes no han sido identificados de manera clara, y en teoría los factores de crecimiento podrían ayudar a estabilizar el complejo del folículo piloso al brindarle mayor oxigenación y nutrición por medio de la neovascularización.

Los micronutrientes son elementos vitales en el ciclo normal del folículo piloso ya que juegan un papel en el recambio celular que ocurre continuamente en las células de la matriz del bulbo folicular que se dividen rápidamente.

En efecto, el déficit nutricional puede afectar tanto a la estructura como al crecimiento del pelo. Adicional a esto se tiene los siguientes factores influyentes:

- **Alimentación:** Llevar una dieta equilibrada es uno de los factores más importantes para evitar o para frenar la caída del cabello ya que la raíz se sustenta de los nutrientes que le aporta la sangre y que proceden de nuestro régimen alimenticio. Nuestra dieta diaria debe incluir al menos 150 gramos de proteínas (carne, pescado, huevo) ya que el pelo está formado principalmente por esta sustancia y constituye un elemento esencial para la regeneración capilar. Además, para ayudar al crecimiento del cabello se debe incluir la ingesta de fruta y verdura a diario por su aporte de vitaminas y alimentos que

contengan hierro.

- **Sistema Nervioso:** El estrés nervioso es uno de los grandes enemigos de nuestro organismo, y como no, también del cabello ya que en episodios de alto estrés influyen en la salud nuestro pelo lo que puede ocasionar una pérdida del mismo.
- **Hormonas:** son uno de los elementos más importantes de su crecimiento tanto en mujeres como en hombres. Una de las que más influyen son los andrógenos (hormonas masculinas) que estimulan y controlan el proceso y también los estrógenos (hormonas femeninas) que prolongan la fase anágena del pelo. Por otro lado, la tiroxina estimula la actividad folicular y las secreciones de las hormonas sexuales también contribuyen al crecimiento de nuestro pelo.
- **Circulación sanguínea:** es importante que el riego sanguíneo sea el adecuado. Realizar masajes o estimular con calor puede favorecer el crecimiento de nuestro pelo.

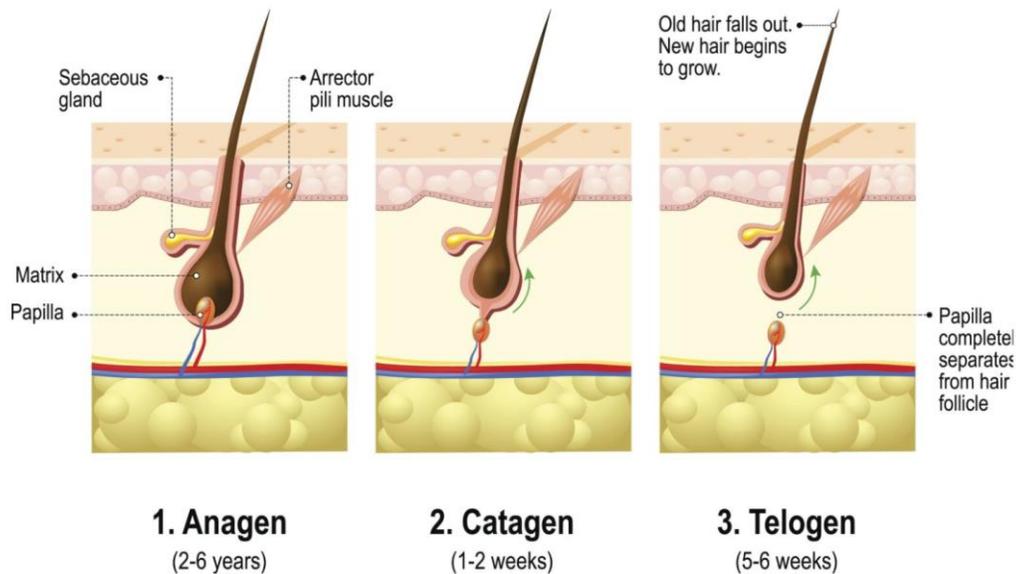
1.7.4 Ciclo de vida del cabello

El cabello esta genéticamente preparado para realizar unos 25 ciclos con una duración de unos 4 años aproximadamente cada uno de ellos. Un ciclo se define como el proceso de nacimiento, desarrollo y muerte del pelo.

En la cabeza hay alrededor de 100.000 y 150.000 cabellos cada uno con su ciclo de crecimiento propio, este no se encuentra sincronizado en los humanos, es decir que mientras algunos están cayendo, otros se encuentran creciendo, de esta forma se evita que caigan todos los cabellos a la vez.

Cada folículo piloso tiene su propio ciclo independiente, con respecto a los otros folículos que hay alrededor. El crecimiento es más rápido en jóvenes, que en personas mayores.

Figura I- 2. Ciclo de vida del cabello



Fuente: International Hair Clinic

En el ciclo piloso se pueden distinguir tres fases:

- **Fase Anágena:** En esta fase el pelo está pegado a la papila, nace y crece. Dura entre 4 y 6 años, aunque normalmente se toma como valor medio tres años. La forma del folículo en esta fase, es más ancha en la base que en el tallo. El pelo crece sin cesar debido a que las células de la matriz del folículo se dividen por mitosis constantemente. Representa esta fase al 85% de los cabellos.
- **Fase Catágena:** Es una fase de transición. Se extiende unas 3 semanas, durante los cuales el crecimiento se detiene y se separa de la papila cesando la actividad de las células de la matriz, incluido los melanocitos. El bulbo toma un aspecto cilíndrico. Representa el 1% de los cabellos.
- **Fase Telógena:** Es la fase del descanso y de caída del pelo, dura unos 3 meses aproximadamente. La raíz del pelo toma un aspecto de cerilla y permanece insertado en el folículo. Representa el 14% de los cabellos.

1.7.5 Tipos de Cabello

Duke, J. A. (2019). Tratado de tricología. Editorial Médica Panamericana, encuentra diferentes tipos de cabellos atendiendo distintos criterios de clasificación.

a) Por la forma de implantación

- **Cabello liso o lisotrico:** su selección transversal es de forma circular. Es propia de los cabellos lacios y tiesos. Estos cabellos son gruesos y característicos del pueblo esquimal e indio. Su inserción en el cuero cabelludo forma un ángulo recto de 90°.
- **Cabello ondulado o cinotrico:** presenta su sección transversal de forma ovalada. Son los cabellos característicos de la raza latina. Su inserción en el cuero cabelludo es menor de 90°.
- **Cabello muy rizado o ulotricos:** presentan su sección transversal de forma elíptica. Se dan en los cabellos ensortijados y lanosos, características de la raza negra. Su inserción en el cuero cabelludo adquiere forma curvada.

b) Por emulsión percutánea

- **Cabello normal:** Está asociado con un cuero cabelludo normal, brillante y elástico. Al tacto no deja sensación de grasa o aspereza y se peina fácilmente.
- **Cabello seco:** Se asocia al cuero cabelludo seco, esta sequedad puede desencadenarse por naturaleza o por causas físicas o psíquicas. El cabello es mate, áspero y sin brillo, sensible, delicado y poco elástico. Está carente de grasa y humedad.
- **Cabello graso:** Asociado con el cuero cabelludo graso, cuando está limpio, es un pelo bonito, suave y brillante; pero esta situación ideal, dura poco. Se ensucia más deprisa porque el sebo se produce en exceso y acumula sobre él toda la suciedad y el polvo.

El exceso de grasa no se puede eliminar bruscamente, porque el cuero cabelludo producirá por reacción aún más sebo. Los tratamientos necesitan paciencia y constancia, ya que sus resultados no se aprecian hasta pasados unos meses, tiene un aspecto grasiento y pegajoso con dificultad para mantener la forma del peinado.

1.7.6 PH del cabello

El PH de los cosméticos como el champú y otros es muy importante para nuestra salud porque si este no es el adecuado puede ocasionar trastornos a la piel y al cabello.

El pH o potencial hidrógeno es una medida que determina el grado de acidez o alcalinidad de una sustancia. Se mide en una escala del 0 al 14, siendo el 7 el valor neutro, menor de 7 ácido y mayor de 7 alcalino. El cabello, cuando se encuentra en buen estado, tiene un nivel de pH en torno al 5 o 5,5, por lo que podemos decir que, al igual que la piel, el cabello es ácido por naturaleza.

García, J. C. (2019). *Cosmética y belleza: una guía completa*. Editorial versier menciona que cuando el pH de nuestro cabello está normalizado a niveles entre 5 y 5,5, las escamas que forman la cutícula estarán cerradas, por lo que el cabello estará sano, brillará y tendrá elasticidad. Cabello seco, rebelde y apagado que se enreda fácilmente, presenta un PH de 7, cabellos tinturados o con alisados o decoloración presenta un PH entre 8 y 12. Si el pH se incrementa, las escamas de la cutícula se abrirán y el cabello estará apagado, áspero y con las puntas abiertas. Los tratamientos como los tintes y las decoloraciones son muy alcalinos, provocando la apertura de la cutícula para que los productos químicos lleguen al córtex del cabello. Un uso excesivo de estos tratamientos provoca un desequilibrio en el pH de nuestro cabello.

Para reequilibrar el pH y cerrar la fibra capilar, dar brillo y suavidad, hemos de utilizar siempre productos ácidos.

1.8 Índice del crecimiento del cabello

Una serie de factores afectan el crecimiento del cabello, incluyendo la edad, la etapa de desarrollo, el sexo, el embarazo, los trastornos metabólicos y genéticos, la nutrición y los cambios estacionales. Según la Academia Americana de Dermatología. (2018). Crecimiento del cabello. Academia Americana de Dermatología el cabello de la cabeza crece unos quince centímetros al año, lo que significa que cada mes el cabello crece aproximadamente un centímetro. Por supuesto, esto es una media y cada uno diferirá ligeramente.

La Sociedad de Análisis Capilar. (2020). Guía de tratamientos para el cabello (Informe No. 12). Sociedad de Análisis Capilar recomienda utilizar una tasa de crecimiento promedio de 1 cm/mes para el cabello. La variación en las tasas de crecimiento reportadas para el cabello del cuero cabelludo es considerable y se ve agravada por la variabilidad de las tasas de crecimiento para diferentes tipos de cabello.

William, D. (2018). Dermatología pediátrica. Editorial Médica Panamericana, indica que el cabello humano crece alrededor de 1,3 cm por mes.

El aspecto del crecimiento depende de tu tipo de cabello. Si tienes cabello rizado, media pulgada de crecimiento será probablemente mucho menos perceptible que media pulgada de crecimiento en el cabello liso debido a su textura. Pero con rizos o sin ellos, la media es la misma.

Un estudio publicado en la Revista Boliviana de Dermatología. (2018). Velocidad de crecimiento en mujeres bolivianas. Revista Boliviana de Dermatología, 23(2), 115-122 encontró que la velocidad de crecimiento del cabello en mujeres bolivianas fue de 0,54 cm por mes, por otro lado, también se menciona un menor crecimiento para las regiones con influencia de mayor altitud.

Según lo mencionado se observa una tabla donde indican los índices de crecimiento proporcionados por diferentes estudios y autores.

Tabla I- 2 Índice de Crecimiento del cabello según diferentes autores

AUTOR	ÍNDICE (cm/mes)	CRECIMIENTO	AÑO PUBLICACIÓN	DE
Academia Americana de Dermatología	1		2010	
Sociedad de Análisis Capilar	1		2016	
Libro “Dermatología Pediátrica”	1,3		2014	
Revista Boliviana de Dermatología	0,54		2018	

Fuente: Elaboración Propia

1.9 Tipos de Envases para cremas capilares

En la formulación de cremas capilares, la elección del envase es un factor esencial para asegurar la estabilidad, facilidad de uso y atractivo comercial del producto. Los envases protegen la formulación de factores externos como el oxígeno, la luz y la contaminación microbiana, además de influir en la percepción de calidad por parte del consumidor. Según la viscosidad de la crema y la sensibilidad de sus ingredientes activos (como la vitamina C), se eligen diferentes tipos de envases: tarros, tubos, botellas, sachets o sistemas airless.

INCP. (2018). Guía de formulación de productos cosméticos para la salud de la piel. INCP menciona que cuando la fase oleosa de la formulación es baja, es decir, cuando los aceites vegetales o emolientes lipofílicos representan un porcentaje reducido del total (generalmente inferior al 10%), es aceptable y seguro utilizar envases plásticos

convencionales como HDPE (polietileno de alta densidad), PP (polipropileno) o PET (tereftalato de polietileno).

Estos materiales ofrecen una adecuada resistencia química frente a formulaciones cosméticas acuosas o emulsiones que contienen cantidades moderadas de aceites. Los riesgos de degradación del material, migración de componentes o pérdida de integridad estructural son mínimos cuando el contenido de aceites es bajo.

Por el contrario, en formulaciones con un contenido de aceites superior al 10–15%, puede ser necesario recurrir a materiales con mayor resistencia química o a estructuras multicapa que minimicen la interacción del aceite con las paredes del envase.

En el caso de cremas capilares que contienen ingredientes fotosensibles, como la vitamina C, se recomienda adicionalmente utilizar plásticos en colores opacos o ámbar para proteger el producto de la degradación por exposición a la luz ultravioleta.

A continuación, se presenta una tabla que resume los principales tipos de envases utilizados en cremas capilares, sus características y referencias bibliográficas relevantes.

Tabla I- 3 Tipos de envases y colores recomendados en cremas capilares

Tipo de Envase	Materiales comunes	Uso principal	Colores recomendados	Ventajas principales	Referencias
Frascos o tarros (jars)	PP, PET, HDPE, vidrio	Cremas espesas, mascarillas capilares	Ámbar, blanco opaco, negro	Fácil acceso al producto	(SCCS, 2021; Packaging Strategies, 2020)
Tubo flexible (tubes)	PE, laminados plásticos	Cremas de viscosidad media	Blanco, metálico, colores sólidos	Práctico, protege de la luz	(INCP, 2018)
Botellas (bottles)	PET, HDPE, PP	Cremas fluidas, tratamientos líquidos	Ámbar, azul, blanco opaco	Dosificación controlada	(INCP, 2018; Packaging World, 2021)
Potes con bomba (pump jars)	Plástico rígido	Cremas premium, tratamientos de salón	Blanco perlado, negro, ámbar	Higiene, menor exposición al aire	(Cosmetics Business, 2020)
Sachets monodosios	Laminados flexibles	Muestras, tratamientos de un solo uso	Laminado plateado o color sólido	Bajo costo, portabilidad	(Packaging Strategies, 2020)

Envases airless	Plástico con sistema de vacío	Cremas con activos sensibles	Ámbar, blanco opaco, plateado	Protección contra luz y oxidación	(SCCS, 2021; Cosmetics Design, 2020)
------------------------	-------------------------------	------------------------------	-------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------------

Fuente: Elaboración propia

1.10 Normativas de calidad en Cosméticos

Existen normativas Internacionales como:

- **ISO 12766:2016:** Se centra en establecer requisitos generales para productos cosméticos, incluyendo:
 1. Seguridad y eficacia
 2. Etiquetado y declaración de ingredientes
 3. Buenas prácticas de fabricación
 4. Evaluación de la seguridad y eficacia.

Esta norma no establece un rango específico, sin embargo, la norma ISO 12766:2016 menciona la importancia de la viscosidad en la sección 4.2.2 "Características físicas", donde establece que: "Los productos cosméticos deben tener una viscosidad adecuada para su aplicación y uso previsto"

- **Resolución ANMAT N 258/2012:** Esta resolución no establece un rango específico, pero recomienda una viscosidad adecuada para la aplicación y distribución en el cabello.
- **CTFA (Cosmetic, Toiletry and fragrance Association) (2019) "Guía para la formulación de productos cosméticos":** Esta organización tampoco establece un rango específico, pero recomienda una viscosidad adecuada para la aplicación y distribución en el cabello.

- **Resolución Mercosur GMN N 38/12:** establece requisitos generales para productos cosméticos en los países miembros del Mercosur (Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay), sin embargo, no se encuentra ninguna sección de la resolución que establezca rangos específicos de viscosidad para cremas capilares.

Habiendo obtenido resultados no buenos en normativas, las cuales no delimitan el rango de viscosidad ni pH, al contrario, estas dejan a manos del fabricante de acuerdo al uso, tratamiento o tipo de cabello que estará dirigida la crema, sin embargo, existen libros los cuales sirven como guía y en los cuales dan sugerencia de los rangos de viscosidad y pH óptimos que tienen o deben tener una crema capilar.

Otros controles de calidad que deben ser realizados en nuestra crema capilar como prueba crítica al producto es un análisis microbiológico que estudie la presencia de microorganismos con bacterias Mesófilas aerobias, hongos y levaduras, además, que confirme la ausencia de microorganismos patógenos. Esto siguiendo pruebas estandarizadas descritas por los Organismos Reguladores de calidad, como:

- 1. FDA (Administración de Alimentos y Medicamentos de EE. UU.):** Reglamento 21 CFR 700.25: Límites microbiológicos para productos cosméticos.
- 2. Health Canadá:** Guías para la seguridad y eficacia de productos cosméticos.
- 3. Reglamento (CE) n° 1223/2009:** Productos cosméticos - Requisitos de seguridad y eficacia.
- 4. Norma EN ISO 21148:2013:** Análisis microbiológico de productos cosméticos.
- 5. Mercosur: Resolución GMC n° 27/2012:** Requisitos para la comercialización de productos cosméticos.
- 6. ANVISA (Agencia Nacional de Vigilancia Sanitaria de Brasil):** Resolución RDC n° 15/2013: Requisitos para la seguridad y eficacia de productos cosméticos.

Tabla I- 4. Especificaciones de microorganismos

Recuento de Bacterias Mesófilas aerobias.	≤ 100 UFC/g (Unidades Formadoras de Colonias por gramo)
Recuento de levaduras y mohos.	≤ 10 UFC/g
Staphilolococo aureus	No detectable en 1g
Escherichea coli	≤ 10 UFC/g
Pseudomonas aeruginosa	≤ 10 UFC/g
Salmonella	No detectable en 1g

Fuente: Organización Mundial de la Salud OMS.

1.11 Aplicación de cremas capilares en el cabello

La aplicación de una crema capilar depende del tipo de producto y del objetivo que tenga (hidratación, reparación, control del friz, etc.), La Revista Cuidado del Cabello. (2018). Nuevas técnicas de tratamiento capilar en 2018. Revista Cuidado del Cabello en general menciona los pasos como se indica a continuación:

1. Lavado del Cabello:

Es fundamental que el cabello esté limpio antes de aplicar una crema capilar. Utiliza un champú suave para eliminar residuos de productos anteriores, grasa y suciedad.

2. Eliminación del exceso de agua:

Después del lavado, secar suavemente el cabello con una toalla para eliminar el exceso de agua. El cabello debe estar húmedo, pero no empapado, para facilitar la absorción del tratamiento.

3. Aplicación de la crema:

Dividir el cabello en secciones para asegurar una distribución uniforme. Aplicar la crema desde la mitad del cabello hacia las puntas, evitando las raíces para no apelmazar el cabello.

4. Masaje y distribución del producto:

Utiliza los dedos o un peine de dientes anchos para distribuir la crema de manera uniforme y desenredar el cabello. Esto también ayuda a que el producto penetre mejor en la fibra capilar.

5. Tiempo de actuación:

Dejar actuar la crema durante el tiempo recomendado por el fabricante, generalmente entre 15 y 30 minutos. Para potenciar el efecto, puede cubrir su cabello con un gorro de ducha o una toalla caliente.

6. Enjuague:

Enjuagar el cabello con abundante agua tibia hasta eliminar completamente el producto. Un enjuague adecuado evita que el cabello quede pesado o con residuos.

7. Secado y peinado:

Secar el cabello con una toalla sin frotar, simplemente presionando para eliminar el agua. Luego, puedes dejarlo secar al aire o utilizar un secador con aire templado, aplicando previamente un protector térmico si es necesario.

1.12 Referencias Bibliográficas de la viscosidad y pH

Tanto la viscosidad como el pH son parámetros muy importantes en los productos cosméticos en general. Es tan importante como el aspecto de la crema, en la siguiente tabla se muestran referencias las cuales fueron tomados en cuenta para evaluar nuestra viscosidad y pH de nuestra crema, delimitando nuestros rangos.

Tabla I- 5. Trabajos Referenciales

Fuente	Nombre de Proyecto	Viscosidad Cp	Ph 1-14
Trabajo de Investigación “República Bolivariana de Venezuela”	Elaboración de una crema a base de aguacate para el cabello reseco y maltratado.	2500	4
Universidad Internacional Ecuador	Sek Desarrollo y evaluación de una crema capilar hidratante con extractos de plantas medicinales.	12000	5,2
Departamento de Ingeniería Química y de alimentos, Universidad de los Andes, Bogotá Colombia.	Formulación y caracterización de una crema capilar reparadora con péptidos y vitaminas.	10000	5
Universidad central de Ecuador, Química Farmacéutica, Autora Soraya Nataly.	Desarrollo de una crema capilar protectora solar con filtros físicos y químicos.	18000	6
Centro de Tecnología capilar SL.	Evaluación de la eficacia de una crema capilar anticaída con extractos de té verde y biotina.	5000	4,5

Fuente: Universidad Educativas

Se muestran los libros de referencias de viscosidad y pH de una crema capilar:

Tabla I- 6. Libros Referenciales

LIBRO	AUTOR	Especificaciones
“Cosmetic and Toiletry Formulations”	Ernest W. Flick (2013)	<p>En la sección "Hair Care Products" (página 221), se menciona que el pH óptimo para cremas capilares es entre 4 y 6.5.</p> <p>En la sección "Rheology and Viscosity" (página 247), se menciona que la viscosidad de cremas capilares puede variar desde 500 a 50.000 cps, dependiendo del tipo de cabello y propósito del producto.</p>
"Harry's Cosmetology"	Ralph Harry	<p>En la sección "Hair Care Products" (Capítulo 14, página 457), se menciona que el pH óptimo para cremas capilares es entre 4.5 y 6.5.</p> <p>En la sección "Formulaciones de Cremas Capilares" (Capítulo 14, página 465), se proporcionan ejemplos de formulaciones con viscosidades específicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cremas capilares ligeras: 1.000-3.000 cps. • Cremas capilares medianas: 3.000-6.000 cps. • Cremas capilares pesadas: 6.000-12.000 cps.

Fuente: Libro Ernest – Libro Ralph

Según la guía de estos libros se realizó las delimitaciones de rango de pH y viscosidad en nuestra crema, sacando valores entre los rangos propuestos por los textos anteriores.

1.13 Análisis a Cremas Capilares

El análisis de una crema capilar es un paso fundamental para garantizar la calidad, seguridad y eficacia del producto antes de su comercialización. Este proceso abarca

evaluaciones físico-químicas, microbiológicas y de estabilidad, siguiendo normas internacionales de buenas prácticas de fabricación y control de calidad.

Según INCP. (2018). Guía de buenas prácticas para la formulación cosmética. INCP en el análisis físico-químico, se determinan parámetros como el pH que debe encontrarse en un rango compatible con el cuero cabelludo, usualmente entre 4.5 y 6.5 y la viscosidad, que asegura la consistencia adecuada para la aplicación. Se analiza también el aspecto (homogeneidad, ausencia de separación de fases) y, en casos necesarios, se mide la acidez titulable para controlar la estabilidad de ingredientes sensibles como la vitamina C. Además, el contenido de agua se puede evaluar mediante métodos como Karl Fischer para controlar la susceptibilidad microbiológica del producto.

1.13.1 Métodos de análisis de la viscosidad

Su medición debe realizarse utilizando métodos estandarizados que garanticen reproducibilidad y confiabilidad de los resultados.

Los principales métodos para determinar la viscosidad en cremas capilares son:

- a) **Viscosímetro Rotacional:** El método más utilizado para emulsiones cosméticas es el empleo de un viscosímetro rotacional, como los modelos de Brookfield o similares. Este aparato mide la resistencia de la crema a ser desplazada por un husillo que rota a una velocidad constante, proporcionando un valor de viscosidad en centipoises (cP) o miliPascal-segundo (mPa·s).
 - **Norma aplicada:** ASTM D2196-20 (Standard Test Methods for Rheological Properties of Non-Newtonian Materials by Rotational Viscometer).
 - **Procedimiento:** Se coloca la muestra en un vaso estandarizado, se selecciona el husillo adecuado (por ejemplo, spindles 4 o 5 para cremas) y se mide a una velocidad específica (habitualmente 5-20 rpm) y a temperatura controlada (generalmente 25 °C).

b) Reómetro: Para una caracterización más detallada, especialmente en productos de comportamiento no newtoniano (como las cremas capilares), se utiliza un reómetro. Este instrumento permite medir tanto la viscosidad como otras propiedades reológicas (fluidez, elasticidad) bajo diferentes tipos de deformación.

- **Norma aplicada:** ISO 3219 (Plastics Polymers/Resins in the Liquid State Determination of Viscosity Using a Rotational Viscometer).
- **Ventaja:** Permite observar el comportamiento de la crema bajo diferentes tensiones o velocidades de corte.

c) Método de flujo por capa Ford (menos frecuente): Aunque menos exacto para cremas espesas, el método de flujo por copa (como la Copa Ford) puede ser usado en formulaciones muy fluidas. Se mide el tiempo que tarda un volumen de muestra en fluir a través de un orificio estándar.

- **Norma aplicada:** ASTM D1200-10 (Standard Test Method for Viscosity by Ford Viscosity Cup).
- **Limitación:** No adecuado para cremas de alta viscosidad ni emulsiones muy estructuradas.

1.13.2 Métodos de análisis del pH

Un pH incorrecto puede alterar la barrera cutánea o afectar la estabilidad de ingredientes activos sensibles. Por ello, se aplican métodos estandarizados y validados internacionalmente.

a) Medición Directa con pH-metro (Potenciométrico): La medición directa con pH-metro es el método más exacto y ampliamente aceptado. Se utiliza un electrodo especial para productos semisólidos o emulsiones.

- **Procedimiento:** Se puede medir directamente o después de preparar una dilución (generalmente 10% en agua destilada).

El electrodo debe estar calibrado previamente con soluciones buffer de pH 4.00, 7.00 y 10.00. La medición debe realizarse a una temperatura controlada, preferiblemente a 25 ± 2 °C.

- **Normas aplicables:** ISO 21150:2015 Cosmetics Microbiology Detection of Escherichia coli (preparación de muestras cosméticas).
USP 42NF 37, capítulo <791> pH Determination.
- **Ventajas:** Alta precisión (± 0.01 unidades de pH), ideal para control de calidad y estudios de estabilidad.

b) Medición mediante tiras indicadoras de pH: El uso de tiras reactivas es una alternativa rápida para controles de campo o evaluaciones preliminares.

- **Procedimiento:** Se coloca una pequeña cantidad de crema o dilución sobre la tira y se compara el cambio de color con una escala estándar.
- **Limitaciones:** La precisión es baja (error aproximado de ± 0.5 unidades de pH). No recomendado para liberación de lotes ni análisis críticos.
- **Norma de referencia:** CTFA Technical Guidelines (Cosmetic, Toiletry, and Fragrance Association, 2004).

c) Medición en dilución estándar (1:10): Cuando las cremas son demasiado espesas para una lectura directa, se recomienda preparar una dilución controlada.

- **Procedimiento:** Mezclar 10 g de muestra con 90 mL de agua destilada. Homogeneizar suavemente y medir el pH a 25 °C usando pH-metro.
- **Normas aplicables:** CTFA Technical Guidelines, ISO/TR 18811:2018 Cosmetics Guidelines for Stability Testing (para preparación de muestras para análisis físico-químicos).
- **Ventajas:** Permite mediciones más reproducibles en sistemas muy viscosos.

CAPITULO II
PARTE EXPERIMENTAL

2.1 Descripción y análisis al aceite de ricino.

El análisis del aceite será realizado tomando una muestra representativa, la cual se escogió según la preferencia y el requerimiento necesario del laboratorio el cual realizo el análisis para llevar a cabo el proyecto, el análisis que se efectuara a nuestra materia prima (aceite de ricino) será un análisis de perfil de ácidos grasos, esto para poder cuantificar las proporciones de ácidos grasos que se encuentran en nuestro aceite, así como también para poder calcular la cantidad de ácido ricinoleico presente en nuestra crema.

El análisis (perfil de ácidos grasos), será realizado en el laboratorio Centro de Investigaciones Químicas S.R.L. “CIQ” en el Departamento de Cochabamba por la dificultad del análisis, en la siguiente tabla se muestra el análisis que se realizará y su justificación del mismo. VER ANEXO A

Tabla II- 1.Análisis al aceite de Ricino

Análisis	Laboratorio	Justificación
Perfil de Ácidos Grasos	CIQ Cochabamba	Es importante tomar en cuenta el propósito del análisis y el aporte que este dará, este análisis permitirá saber la composición porcentual de los primeros 5 ácidos grasos más importantes presentes en el aceite, esto ayuda en el momento de la formulación y como indicativo de la cantidad aproximada de ácido ricinoleico presente en nuestra crema, el cual es el mayor aporte que se quiere dar.

Fuente: Elaboración Propia

2.2 Selección del Proceso

Para la elaboración de una crema capilar existen técnicas, procesos y métodos de fabricación para llevar a cabo la obtención de la crema, para la selección del proceso se plantea un cuadro, analizando los procesos y eligiendo la mejor opción.

Se realizó una matriz de decisión dándonos factores relevantes para poder elegir el mejor proceso, se muestran dos opciones A y B, Donde:

A= Proceso en Frio

B= Proceso en Caliente

Se muestra en la siguiente tabla la ponderación de las opciones según factores identificados como muy relevantes e importantes para llevar a cabo la selección del mejor proceso para la elaboración de la crema capilar.

Tabla II- 2. Selección del proceso

ALTERNATIVAS PARA LA SELECCIÓN DEL PROCESO			
FACTORES	PONDERACIÓN	A	B
Aspecto de la crema	20	20	20
Homogeneidad	25	20	25
Controles de Temperatura y PH	15	15	15
Estabilidad	25	20	25
Costos de producción	15	15	10
TOTAL		90	95

Fuente: Elaboración Propia

Con esta matriz de decisión planteada, se pudo identificar el mejor proceso el cual otorga mayores beneficios según los factores mencionados. Este proceso es mediante caliente, una técnica muy recomendada en muchos trabajos de investigación ya que al incorporar la temperatura durante el proceso ayuda a una mejor homogeneidad, consistencia y mayor viscosidad, teniendo costos de producción muy cercanos para ambos casos.

Por otra parte, se realizó una elección del método a efectuar en el proceso de obtención de la crema, teniendo diferentes opciones como el método de mezcla directa (A), método de dispersión y método de emulsificación, la opción escogida fue mediante el método de dispersión, según los insumos presentes en nuestra formulación.

2.3 Descripción del método de investigación

El método a aplicar en el presente trabajo es el método mediante dispersión, el cual consiste en mezclar ingredientes sólidos en líquidos mediante agitación.

Este método es una técnica la cual es usada en muchas industrias ya que mejora la estabilidad del producto y la uniformidad del mismo. El método de dispersión utilizado será de manera mecánica, reduciendo costos en equipos, este método de dispersión tiene ventaja de mejorar la textura y la viscosidad de la crema.

2.4 Diseño Experimental

El diseño experimental se define como el método, procedimiento o conjunto de reglas para asignar los tratamientos aleatoriamente a las unidades experimentales.

Para dar inicio a la selección de las variables se plantearon e identificaron propiedades indispensables que deben ser tomadas en cuenta para formular y elaborar una crema capilar, es así que se identificó variables relevantes como la viscosidad y pH que son propiedades fisicoquímicas de alto valor además de medibles, tomando en cuenta su valor y analizando cada una de ellas se llegó a elegir como variable dependiente a la viscosidad y dejar al pH como variable semi constante manteniendo un valor entre los límites proporcionados por bibliografía. Esta elección de la viscosidad se dio por la

importancia que tiene ya que también es un indicador como calidad ya que está relacionado con una buena emulsión que actúa al momento de elaborar la crema la cual también es indicador de su tiempo de vida.

Dentro del proceso de elaboración de la crema capilar se identificó según nuestra variable dependiente los insumos más importantes, los cuales influyen en la misma, además se tomó en cuenta el control de manejo de variables en el proceso.

Se identificaron los dos aceites entre el cual se encuentra nuestro aceite en estudio y la relación alcohol cetílico-Deyquarth ya que este tiene mucha influencia al momento de delimitar la viscosidad de nuestra crema actuando como espesante, emulsificante y como estabilizante en emulsiones, es por esto que se toma en cuenta esta relación la cual son complementarias entre sí.

Por otra parte, los aceites son tomados como variables ya que igualmente tienen influencia en la viscosidad además de ser muy buenos o malos al momento de exceder con estos, los cuales pueden provocar una inestabilidad entre los líquidos inmiscibles y ocurrir una separación de fases, reduciendo también su tiempo de vida.

Es así que se justifica la elección de estas variables, dejando de lado los demás insumos como glicerina, propilenglicol, queratina, fungozur, vitamina E, vitamina C y fragancia, las cuales son insumos relevantes pero los cuales son incorporados para darle mayor valor a la crema llegándola a enriquecer aún más, estando además en menores cantidades.

2.4.1 Diseño Factorial

Se realizó un diseño factorial de 2K según reglamento establecido en la universidad, donde:

El valor de 2 representa a los niveles máximos y mínimos en el diseño; K representa el número de factores, en este caso se tomaron 3 factores o variables indispensables en el diseño.

Se tendrá por lo tanto un número de experimentos igual a:

$$N \text{ de experimentos} = 2 * 2 * 2$$

$$N \text{ de experimentos} = 8$$

Se identifican las variables independientes e independientes:

Variables independientes

- Aceite de Ricino
- Relación Alcohol Cetilico-Deyquarth
- Aceite de coco

Variables dependientes

- Viscosidad

Para la identificación de los límites máximos y mínimos de las variables independientes se llevó a cabo un preanálisis donde se realizaron combinaciones con diferentes cantidades, tomando en cuenta la mejor viscosidad. Para llevar a cabo la elección de las cantidades de aceite de ricino y aceite de coco se tomaron en cuenta referencias de formulaciones, como referencia Poucher (2012) menciona que el contenido de aceites en productos cosméticos, como las mascarillas capilares o cremas, puede variar entre un 10% y un 40%, dependiendo de la formulación y el propósito del producto, indicando que dependiendo del tratamiento y estado del cabello se requerirá mayor o menor cantidad de aceites.

De esta forma analizando este hecho se realizó una prueba extrema donde se trabajó como base constante una cantidad de 500 gr de crema con cantidades de aceite en porcentaje de casi 10%, dando resultados no buenos ya que se presentó separación de fases, mencionando también que se trabajó con cantidades de la relación alcohol cetilico- deyquart de 4%. Esto se pudo concluir con la falta de estabilizante y emulsificante lo cual ayuda a una buena emulsión, lo que se presencié una relación de 10:4 resultando una notoria separación de fases.

Por otra parte, se redujo las cantidades de aceite en aprox. 6%, manteniendo la relación de alcohol cetílico- deyquart de 4%, dando resultados positivos, donde se obtuvo buena textura de crema, es así que se identificó que se debe tener en cuenta las cantidades de aceite con la relación alcohol cetílico- deyquart sin muchas varianzas, además de darnos un indicativo de no exceder más o igual a un 10% de aceite dentro nuestra formulación o en caso de exceder también aumentar la relación de alcohol cetílico- deyquart.

En la siguiente tabla se muestra las condiciones extremas sometidas y los resultados, dando así el indicador de como variar para obtener una combinación ideal y así proceder a un diseño.

M=ctte= 500 gr

Insumos sin participación= Ctte

Tabla II- 3. Resultado de Condiciones Extremas en las variables

N	VARIABLE	Cantidad (%)	Cantidad (gr)	RESULTADO
1	Relación Alcohol Cetílico - Deyquart	4	20	Se observo separación de fases, siendo inestable nuestra emulsión.
	Aceites	10	45	
2	Relación Alcohol Cetílico - Deyquart	4	20	Se observaron buenos resultados obteniendo una buena emulsión, aunque no con una muy buena viscosidad.
	Aceites	6	30	

Fuente: Elaboración Propia

Según nuestra tabla podemos identificar que con un exceso de aceite sin tomar en cuenta la relación alcohol cetílico- deyquart provoca una separación de fases y a una reducción, no excediendo una diferencia de relación alcohol cetílico- deyquart y aceite se obtiene una mejor consistencia.

En el siguiente cuadro se muestran las combinaciones previas para la identificación de los límites:

Tabla II- 4. Combinaciones para la elección de límites en las variables

COMBINACIÓN	VARIABLES	CANTIDAD (gr)	VISCOSIDAD (Cp)
1	Relación Alcohol	18	5300
	Cetílico – Deyquart		
	Aceite de Ricino	16	
	Aceite de Coco	12	
2	Relación Alcohol	20	5200
	Cetílico - Deyquart		
	Aceite de Ricino	18	
	Aceite de Coco	15	
3	Relación Alcohol	15	4900
	Cetílico - Deyquart		
	Aceite de Ricino	18	
	Aceite de Coco	12	
	Relación Alcohol	12	
	Cetílico - Deyquart		

4	Aceite de Ricino	20	4600
	Aceite de Coco	15	

Fuente: Elaboración Propia

Una vez analizada la tabla se pudo identificar la mejor elección en la combinación 1, donde existe una pequeña diferencia con la combinación 2, siendo no muy significativa por la mayor cantidad de gramos de la variable y teniendo casi un mismo valor, es así que se llegó a elegir como resultado de nuestro preanálisis la combinación 1 dándonos como límites según se muestra en la tabla II-5.

Tabla II- 5. Factores y niveles

FACTORES	NIVELES	
	INFERIOR	SUPERIOR
A: Aceite de Ricino (gr)	16	18
B: Relación Alcohol Cetílico – Deyquarth (gr)	18	20
C: Aceite de Coco (gr)	12	15

Fuente: Elaboración Propia

Variable respuesta: Viscosidad

A continuación, se muestra la tabla de diseño factorial:

Tabla II- 6. Diseño Factorial

CORRIDA	FACTOR			VARIABLE RESPUESTA			TRATAMIENTO CODIFICADO
	A	B	C	R1	R2	RT	
1	16	18	12	4800	4900	9700	1
2	18	18	12	4800	5000	9800	A
3	16	20	12	5000	5000	10000	B
4	18	20	12	4800	4800	9600	Ab
5	16	18	15	4800	4900	9700	C
6	18	18	15	4900	4900	9800	Ac
7	16	20	15	4800	5000	9800	Bc
8	18	20	15	4800	4900	9700	Abc

Fuente: Elaboración Propia

En la siguiente tabla se muestra de manera resumida los resultados de las combinaciones llevadas a cabo con sus corridas correspondientes.

Tabla II- 7. Resumen del diseño factorial

Aceite Ricino (Factor A)	Relación Alcohol Cetílico-Deyquarth (Factor B)			
	18 gr	20 gr		
	Aceite de Coco (Factor C)			
	12 gr	15 gr	12 gr	15 gr
16 gr	4800	4800	5000	4800
	4900	4900	5000	5000
18 gr	4800	4900	4800	4800
	5000	4900	4800	4900

Fuente: Elaboración propia

2.4.2 Hipótesis del diseño experimental

- a) HO: El aceite de ricino no influye significativamente en la elaboración de la crema capilar.
 HI: El aceite de ricino influye significativamente en la elaboración de la crema capilar.
- b) HO: La relación alcohol cetílico-Deyquarth no influye significativamente en la elaboración de la crema capilar.
 HI: La relación alcohol cetílico-Deyquarth influye significativamente en la elaboración de la crema capilar.
- c) HO: El aceite de coco no influye significativamente en la elaboración de la

crema capilar.

H1: El aceite de coco influye significativamente en la elaboración de la crema capilar.

d) H0: El aceite de ricino y la relación alcohol cetílico-Deyquarth no influyen significativamente en la elaboración de la crema capilar.

H1: El aceite de ricino y la relación alcohol cetílico-Deyquarth influyen significativamente en la elaboración de la crema capilar.

e) H0: El aceite de ricino y aceite de coco no influyen significativamente en la elaboración de la crema capilar.

H1: El aceite de ricino y aceite de coco influyen significativamente en la elaboración de la crema capilar.

f) H0: La relación alcohol cetílico-Deyquarth y el aceite de coco no influyen significativamente en la elaboración de la crema capilar.

H1: La relación alcohol cetílico-Deyquarth y el aceite de coco influyen significativamente en la elaboración de la crema capilar.

g) H0: El aceite de ricino, relación alcohol cetílico-Deyquarth y el aceite de coco no influyen significativamente en la elaboración de la crema capilar.

H1: El aceite de ricino, relación alcohol cetílico-Deyquarth y el aceite de coco influyen significativamente en la elaboración de la crema capilar.

2.5 Formulación crema capilar

Según la tabla de diseño factorial se identificó la corrida 3 como la ideal para elaborar nuestra crema, obteniendo mayor viscosidad de la crema con variables de aceite de ricino= 16 gr, relación alcohol cetílico-Deyquarth= 20 gr y aceite de coco= 12 gr, como tal, para la elaboración de la crema se plantea delimitaciones y proporciones que pueden contener de los diferentes insumos en la crema, así como también delimitaciones de sustancias tóxicas las cuales no pueden contener en nuestra crema.

Para esto se analiza además la compatibilidad de nuestros insumos para así poder formular y posteriormente elaborar. A continuación, se muestra en la siguiente tabla la compatibilidad de nuestros insumos, así como también las delimitaciones según normativas Internacionales como la ISO 22716:2007 y reglamento (CE) n 1223/2009, también normativas de países latinoamericanos como mexicanas, argentinas, colombianas y peruanas.

Tabla II- 8. Compatibilidad y limitaciones específicas de insumos

Insumos	Compatibilidad	Limitaciones Específicas	Normativa
Aceites Esenciales y otros tipos de aceites	El aceite de ricino y aceite de coco son compatibles mejorando la hidratación y propiedades emolientes	5-20 %	Todos basados en CTFA (Cosmetic, Toiletry and Fragrance Association)
Oxidantes (vitamina E)	Compatible con todos los insumos presentes, como alcohol cetilico, glicerina, propilenglicol, aceite de ricino,etc.	6-12 %	respaldado bajo la ISO 22716:2007 y el reglamento (CE) n 1223/2009 de la Unión Europea.
Conservantes	El conservante fungozur es compatible con los insumos al igual que el oxidante.	0,1-0,3 %	
Fragancias	A un PH ajustado la fragancia se	0,5-2 %	

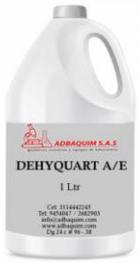
complementa con los
demás insumos.

Fuente: Elaboración Propia

2.5.1 Descripción de insumos y materiales

A continuación, se describen y menciona la función que cumple cada uno de los insumos que fueron empleados en la elaboración de la crema.

Tabla II- 9 Descripción de Insumos

INSUMO	FUNCIÓN	IMAGEN
Alcohol Cetílico 95	Utilizado como agente co-emulsionante y espesante.	
Alcohol Palmítico	Usado en emulsiones aceite-agua.	
Dehyquart A/E	Líquido transparente que ayuda a eliminar la friz.	
Cetrimonium chloride	Soluble en agua con pH de 2,5-3,5.	

Agua Desionizada	Agua sin impurezas, minerales y libre de contaminantes. Disolvente Universal, facilita las emulsiones con presencia de aceites.	
Gel Aloe Vera Hembra Aloe Maculata	Humectante, fáciles de encontrar. Resistencia hasta los -3 grados.	
Glicerina USP Glicerol	Soluble en agua y alcohol, usado como suavizante.	
Propilenglicol Propano 1,2-diol	Miscible en agua, etanol y otros, utilizado como agente humectante.	
Aceite de Coco	Usado como antimicrobiano.	

Queratina Hidrolizada	Utilizado como fortalecedor de la cutícula, aporta resistencia, hidratación y elasticidad.	
Fungozur B7DM	Antimicrobiano apto para pH menor a 10, compatible con emulsiones de carácter aniónicos, no iónicos y catiónicos.	
Fragancia	Usado para dar buen olor al momento de aplicarse y también al terminar el tratamiento.	
Vitamina E	Actúa como antioxidante liposoluble. Usado para nutrir el cabello.	
Vitamina C Ácido Ascórbico	Usado como regulador de pH, evita la oxidación.	

Aceite Ricino	Componente activo, ayuda a un crecimiento más rápido.	
----------------------	---	---

Fuente: Elaboración Propia

Por otra parte, para llevar a cabo la elaboración de la crema se describen los equipos y materiales de laboratorio usados en la elaboración:

- **Calentador:** Utilizado en la investigación en el laboratorio para proporcionar calor de manera controlada y uniforme. Se hizo uso de este equipo para fundir y mezclar los diferentes componentes que contiene, mediante un baño maría realizamos esta etapa para evitar elevadas temperaturas y muy brusca para evitar dañar componentes los cuales sufren una degradación o pérdida de sus propiedades a temperaturas elevadas.
- **Balanza Granataria:** Se encarga de medir la masa y peso de todo lo usado en la elaboración de la crema, como se requiere saber la cantidad de masa para cada insumo se hace uso de este equipo para masas mayores.
- **PH-metro:** Mide la actividad del ion hidrógeno en soluciones acuosas, indicando su grado de acidez o alcalinidad expresada como pH. El uso se la realizo para conocer su pH de la crema y así corregirla al pH ideal según guía referencial tomada.



- **Termómetro:** Su aplicación en la elaboración se la realiza para controlar los niveles de temperatura, ya que es importante no exceder una temperatura para evitar formaciones de otros componentes no requeridos y que puedan dañar el cuero cabelludo y cabello.



Se usarán materiales y equipos de laboratorio como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla II- 10. Materiales de Laboratorio

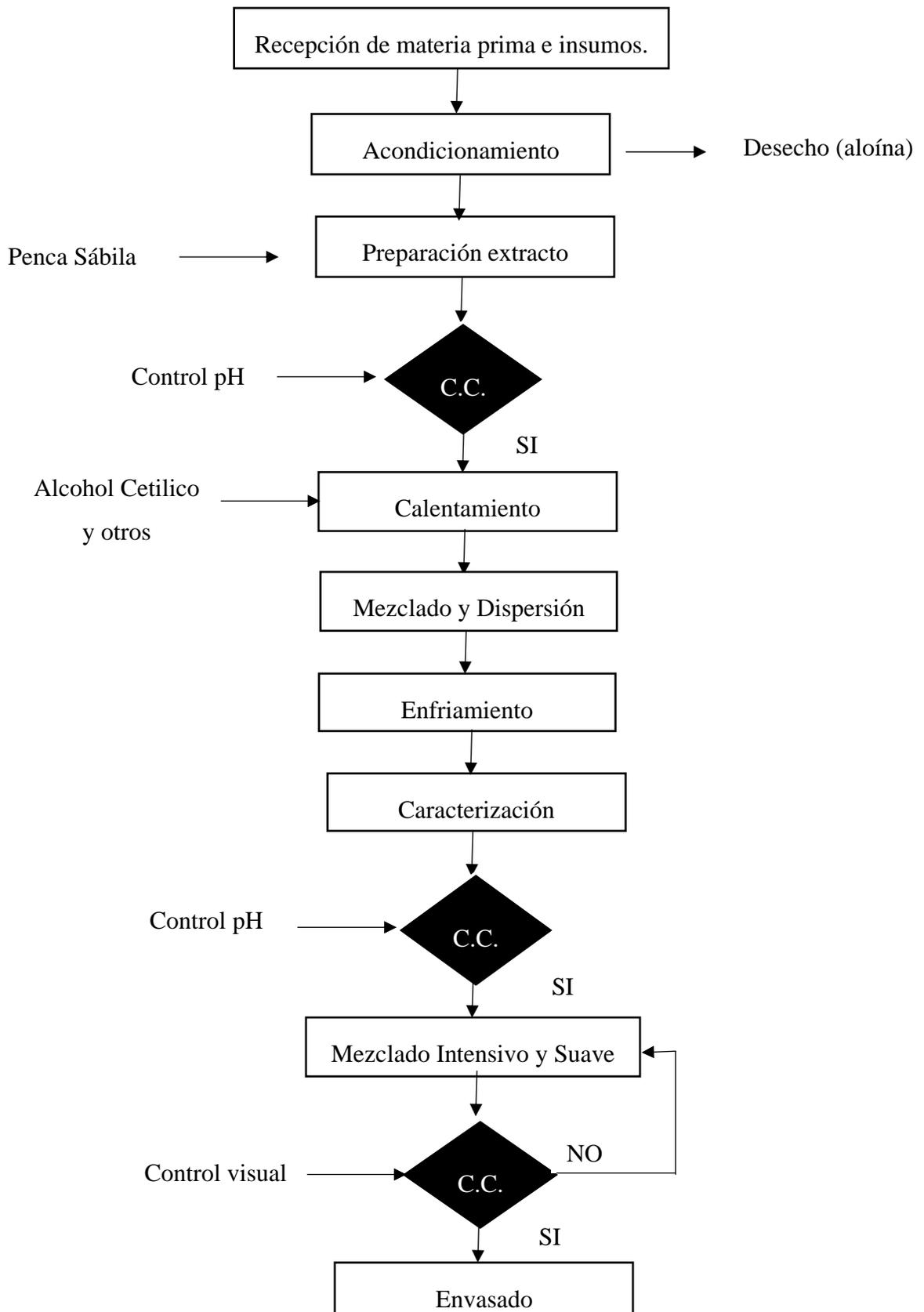
NOMBRE	MATERIAL	CAPACIDAD	IMAGEN
Fuente	Acero Inoxidable	- Espesor: 0.8 mm - Largo: 38 cm - Ancho: 29 cm - Alto: 7 cm	
Espátula doble plana	Acero Inoxidable	Longitud total 180 mm	

Pocillos	Acero Inoxidable	- Volumen: 4 fl oz - Altura: 5 cm - Diámetro: 7cm	
Vidrio de reloj	Vidrio	Diámetro: 70 mm	
Vaso precipitado	Vidrio Borosilicato	Volumen: 5ml-5000ml	
Cuchillo	Acero Inoxidable	135 mm Mango madera	

Fuente: Elaboración Propia

2.6 Procedimiento de la crema

2.6.1 Diagrama de flujo del proceso



2.6.2 Descripción del Proceso

- a) **Recepción materias prima:** Se realizo la recepción de los insumos y como tal la penca sábila que se hizo uso de esta para aportarme mayor hidratación, observando que se encuentre en buen estado físico y de crecimiento para poder obtener un buen rendimiento de extracto el cual nos va aportar hidratación al cabello y nos ayudara además en la viscosidad y aroma. Se debe tomar en cuenta el estado de la penca ya que pudo haber sido cosechada anticipadamente las cuales no pueden contar con mucho contenido de gel, también pueden tener un color opaco diferente al color habitual verde el cual representa también el buen estado de la penca y el estado de poco cuidado de la planta la cual puede no aportar todas las propiedades requeridas a diferencia de una planta sana. Por otra parte, llevar un control también de los demás insumos como vitamina E, deyquarth, alcohol cetilico, vitamina C, glicerina, etc. Revisar las procedencias y evidenciar insumos de calidad.
- b) **Acondicionamiento:** en esta etapa se realizó el acondicionamiento de la penca sábila, ya que en su composición contiene la aloína un compuesto muy dañino para su uso, por lo tanto, es muy importante en esta etapa eliminar toda la aloína presente en nuestra penca, para esto se lava la penca inicialmente dejando reposar en agua durante 24 horas, cambiar el agua y dejarlo por unas cuantas horas, para asegurar que salga toda la aloína la cual se puede observar como un líquido amarillento.
- c) **Preparación Extracto:** Realizamos la preparación de nuestro extracto de penca o gel, raspando las hojas con ayuda de una cuchara o cuchillo, tratando de raspar y obtener el gel sin generar muchos grumos ya que luego debemos filtrarlo para solo tener su gel y no así grumos (solidos), los cuales pueden entorpecer el aspecto de la crema. En esta etapa también se realiza la pasteurización una vez obtenida el gel, exponiendo al jugo de Aloe a altas temperaturas (superiores a los 60 grados centígrados) durante un período breve.

De esta forma se eliminan todos los posibles patógenos, pero también se destruyen muchas moléculas importantes como las vitaminas y las enzimas.

- d) Control de calidad:** Una vez acondicionado nuestro gel, se mezcla con el agua a temperatura bajas y se realiza el primer control de pH según normativa (4,5-5,5), corrigiendo con ácido cítrico para llegar al objetivo, es mucho más probable tener un pH básico ya que nuestra penca al momento de pasteurizar se oxida, una vez controlado el pH pasamos a la siguiente etapa.
- e) Calentamiento:** Una vez controlado el pH de la mezcla de agua (aclarando que el agua es purificada o que también puede ser desionizada) junto al extracto acondicionado sometemos nuevamente a calor, a bajas temperaturas, mediante un baño maría, con el propósito de poder fundir nuestro alcohol cetílico, entre otros componentes en estado sólido si se tiene.

En esta etapa también se agregan los otros insumos como glicerina, propilen glicol y deyquarth.

- f) Mezclado y dispersión:** En esta etapa una vez agregados los anteriores componentes, sacamos del baño maría y empezamos la etapa de mezclado y dispersión de la parte solida en la liquida con ayuda de una paleta o cuchara hasta un enfriamiento a T ambiente para evitar la formación de grumos y lograr una mezcla homogénea.
- g) Enfriamiento:** Teniendo la mezcla homogénea como ya se mencionó en la anterior etapa dejamos enfriar nuestra mezcla sin dejar de mezclar, para así agregar los insumos faltantes como los aceites de coco y de ricino, a una temperatura de entre 30-35 C agregamos el aceite de coco ya que este se encuentra de manera semisólida y el aceite de ricino en forma líquida para que pueda mezclarse mejor. Cuidando la temperatura para mantener sus propiedades que le aportaran a la crema.
- h) Caracterización:** En esta etapa se caracteriza nuestra crema dándole olor, aportes nutricionales como queratina y vitamina E, así también se agrega el

conservante según normativa para eliminar proliferación de microorganismos y alargar su tiempo de vida.

- i) **Control de calidad:** Se realiza nuestro segundo y último control de pH para verificar el resultado anterior de este, así evitar alteraciones que pudo haber sufrido durante las etapas anteriores, previniendo pH ácido o alcalino que pueda provocar irritación o problemas en el cabello.
- j) **Mezclado intensivo y suave:** Es así que una vez caracterizado nuestra crema pasamos a una etapa de mezclado intensivo como primero para luego pasar a un mezclado suave, esta etapa se llevó a cabo con un mixer con una velocidad mayor en el mezclado intensivo y una velocidad menor en el mezclado suave, estos mezclados en el caso del intensivo se realiza para un mejor mezclado y para desarrollar la emulsión, el mezclado suave se la realiza para no dañar la estructura de la emulsión y estabilizar la crema. Realizar estas mezclas durante 10-15 min cada uno aproximadamente.
- k) **Control de calidad:** Este control se la realiza de manera observativa para ver el estado final de la emulsión, controlando no tener zonas líquidas y otras más espesas, las cuales indican una mala emulsión y mezclado, lo que se puede volver a emulsificar para corregir, cuidando no excederse para evitar otros problemas por exceso de mezclado.
- l) **Envasado:** Finalmente en esta etapa una vez obtenida nuestra crema realizamos el envasado, teniendo en cuenta el envase, que ofrezca protección a la crema, estabilidad y buena imagen.

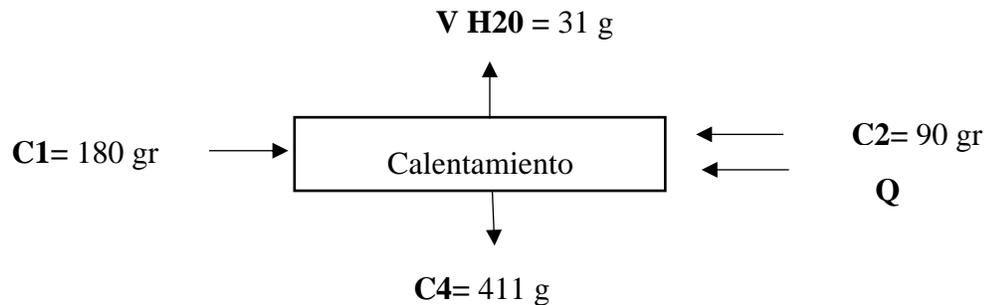
2.7 Balance de Materia y Energía

Un balance de masa o de materiales es una secuencia de cálculos que permite llevar la cuenta de todas las sustancias que intervienen en un proceso de transformación, satisfaciendo la ley de la conservación de la masa, la cual establece que la materia se transforma, pero no se crea ni se destruye. Un balance de materia es, pues, una contabilidad de los materiales que toman parte del proceso.

Se realizó el balance de materia y energía según lo que correspondía en cada etapa del proceso, se detalla lo siguiente a continuación:

Masa total= 350 gr

Balance de materia y energía en la etapa de calentamiento



C1=Agua

C2= Gel aloe vera

Cálculo del calor Q:

$$Q = m * cp * \Delta T$$

Donde:

m= masa de agua +masa de aloe vera

$$m = 270 \text{ gr} = 0,270 \text{ Kg}$$

$$cp = 4,186 \text{ KJ/Kg C}$$

$$\Delta T = (87-25) = 62 \text{ C}$$

Reemplazando obtenemos el calor Q:

$$Q = 0,270 * 4,186 * 62$$

$$Q = 70,07 \text{ KJ}$$

Cálculo de Vapor de agua perdido:

$$m = \frac{Q}{Lv}$$

Donde:

m = masa de agua perdido

Q = 70,07 KJ

L_v = 2260 KJ/Kg

Reemplazando obtenemos la masa de agua de vapor perdido:

$$m = \frac{120,42}{2260}$$

$$m = 0,031 \text{ Kg}$$

$$m = 31 \text{ gr}$$

Cálculo de C4:

Donde C4= Masa saliente de la etapa de calentamiento

Balance global:

$$C1 + C2 = V + C4$$

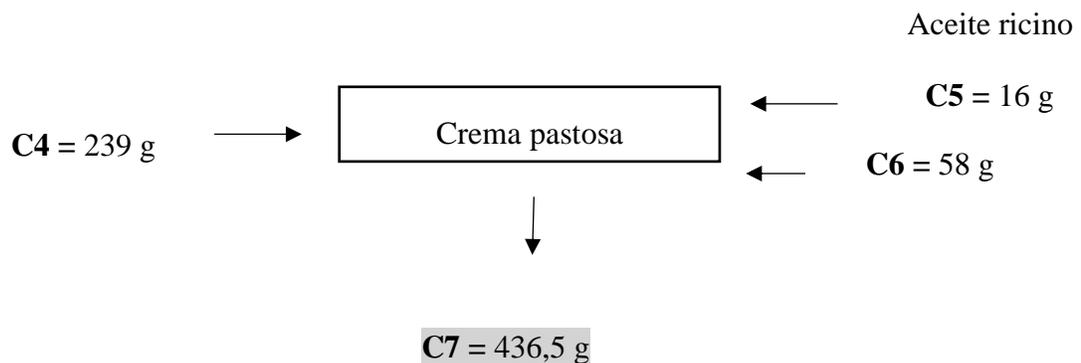
Despejamos C4:

$$C4 = C1 + C2 - V$$

$$C4 = 180 + 90 - 31$$

$$C4 = 239 \text{ gr}$$

Balance de materia en la etapa de crema pastosa



Donde:

C6 = Cantidad de glicerina, propilenglicol, aceite de coco y alcohol cetílico-deyquarth

C7 = son la suma de las cantidades de todos los insumos exceptuando la vitamina E, keratina y fonguzur.

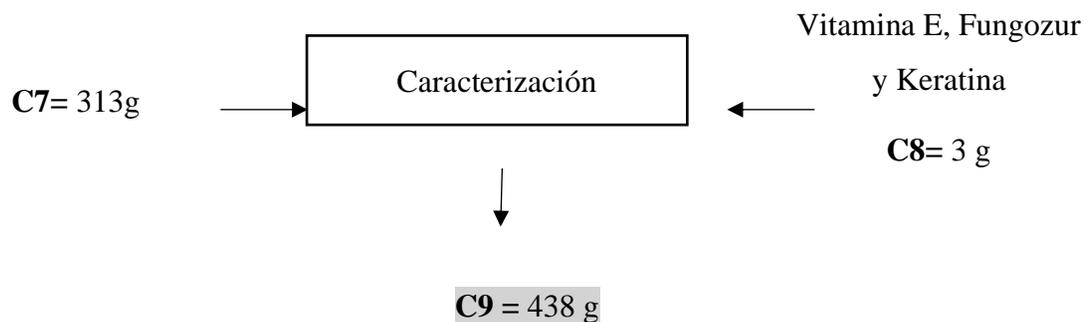
$$C4 + C5 + C6 = C7$$

Reemplazando se obtiene:

$$C7 = 239 + 16 + 58$$

$$C7 = 313 \text{ gr}$$

Balance de materia en la etapa de caracterización



$$C7 + C8 = C9$$

Reemplazando se obtiene:

$$C9 = 313 + 3$$

$$C9 = 316 \text{ gr}$$

2.8 Análisis del producto obtenido

Los análisis realizados a nuestro producto final fueron análisis requeridos según normativas y los identificados como ideales para su control de calidad, la toma de muestra fue realizada en una cantidad de 250gr de manera representativa y llevadas al

laboratorio CEANID de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho para realizar los análisis pertinentes, por su escases de análisis de viscosidad se realizó otra toma de muestra pequeña para su análisis en el Laboratorio de Operaciones Unitarias de la carrera de Ingeniería Química.

2.8.1 Determinación de la viscosidad en la crema capilar

Para la medición de la viscosidad según el marco teórico se llevó a cabo en un equipo instrumental viscosímetro del Laboratorio de Operaciones Unitarias ubicado en la Universidad Juan Misael Saracho, siendo un viscosímetro rotacional RP1.

Los viscosímetros de Raypa modelos RP1 y RP2 son viscosímetros rotacionales para la rápida determinación de la viscosidad según ISO 2555 y otras normas ASTM. Además de unos resultados compatibles al 100% con el método Brookfield, los instrumentos ofrecen una medición precisa y digital del par de torsión.

- **Procedimiento**

1. Se selecciono el husillo y velocidad, teniendo como objetivo obtener un valor en la pantalla entre 10 y 100 %. Si el valor es mayor que 100, se selecciona una velocidad más lenta y/o un husillo más pequeño. Por el contrario, si la lectura es inferior a 10, seleccionar una velocidad o husillo más alta. Es así que se escogió la elección según guía proporcionada en el manual de instrucciones código 80253, (2011), Certificado por IQNet, en tabla VER ANEXO C, husillo n°5 para viscosidades medias y una velocidad de 15(rpm). Realizar la elección según guía proporcionada en el manual de instrucciones código 80253, (2011), Certificado por IQNet, en tabla VER ANEXO C.
2. La muestra se acondiciono para estar libre de burbujas de aire atrapadas. El aire se puede liberar golpeando ligeramente el recipiente sobre la mesa o usando un sistema de agitación o bombeo adecuado. La muestra se preparó a una temperatura de 25°C.
3. Una vez listo los pasos anteriores se realizó la inmersión del husillo sumergiendo hasta la mitad de la marca grabada en el eje, sin llegar al

incumplimiento de esta profundidad de inmersión que puede provocar mediciones incorrectas. Se activa la rotación del husillo y se deja correr hasta que se establezca una medición constante en la pantalla.

4. Como todo equipo presenta rangos de errores es por esto que se repite la medición como mínimo dos veces, no teniendo una diferencia mayor de 5% lo cual demostraría malos manejos o algún error dentro la medición.
5. Finalmente se realizó la limpieza del equipo y su posterior guardado.

2.8.2 Determinación de pH en la crema capilar

Para la medición del pH según el marco teórico se llevó a cabo en un equipo instrumental con Potenciómetro (pH-metro) del Laboratorio de Operaciones Unitarias ubicado en la Universidad Juan Misael Saracho.

- **Procedimiento**

1. Preparar una cantidad de muestra homogenizada sin contenido de aire a una temperatura constante, en nuestro caso de 25°C.
2. El equipo ya estandarizado sumergir en la muestra esperar su lectura y registrar.
3. Realizar una repetición para evitar errores.

Los análisis realizados y justificados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla II- 11. Análisis al producto terminado

N	Análisis	Laboratorio	Justificación
1	Viscosidad	Laboratorio Operaciones Unitarias "LOU"	Una viscosidad adecuada garantiza una aplicación suave y uniforme, además la viscosidad afecta la capacidad de la crema para penetrar en el cabello y en la piel, lo que impacta en su eficacia para hidratar, nutrir y proteger.

		Una viscosidad inadecuada puede provocar problemas de seguridad, como la formación de grumos o la obstrucción de los poros.
--	--	---

2	PH	Laboratorio Operaciones Unitarias “LOU”	<p>Un pH desequilibrado en la crema puede alterar este equilibrio, causando irritación, sequedad o daño. El pH afecta la estabilidad y eficacia de los ingredientes activos, como vitaminas, proteínas y aceites, un pH equilibrado ayuda a proteger el cabello y la piel de daños causados por:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Irritación y enrojecimiento - Sequedad y descamación - Pérdida de elasticidad y brillo
----------	----	---	---

3	Acidez Titulable	Laboratorio Universidad Autónoma Juan Misael Saracho “CEANID”	<p>La acidez titulable (AT) mide la capacidad de la crema para mantener su pH estable frente a cambios en el entorno, como la humedad o la temperatura. Afecta la estabilidad y eficacia de los ingredientes activos, como vitaminas, proteínas y aceites.</p> <p>Un nivel inadecuado de AT puede aumentar el riesgo de reacciones adversas, como alergias o irritación.</p>
----------	------------------	---	--

4	Rancidez	Laboratorio Universidad Autónoma Juan Misael	<p>1. Pérdida de eficacia: Los ingredientes activos pueden degradarse, perdiendo su capacidad para hidratar y proteger el cabello y la piel.</p>
----------	----------	--	---

	Saracho “CEANID”	<p>2. Irritación y reacciones adversas: Los productos de degradación pueden causar irritación, enrojecimiento y reacciones alérgicas.</p> <p>3. Mal olor y textura: La rancidez puede producir un olor desagradable y alterar la textura de la crema.</p>
5	Escherichia coli Laboratorio Universidad Autónoma Juan Misael Saracho “CEANID”	E. coli puede causar infecciones cutáneas, oculares y respiratorias, irritación, enrojecimiento y reacciones alérgicas en la piel y el cabello. En casos extremos, además la presencia de E. coli puede afectar la estabilidad y durabilidad de la crema capilar, reducir la eficacia de los ingredientes activos.
6	Bacterias aerobias mesófilas Laboratorio Universidad Autónoma Juan Misael Saracho “CEANID”	<p>Las bacterias aerobias mesófilas son microorganismos que crecen en un rango de temperatura entre 20-45°C y requieren oxígeno para crecer. Esta presencia puede provocar:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Deterioro de la calidad y la estabilidad del producto. ➤ Pérdida de la eficacia y la seguridad del producto
7	Staphylococcus aureus Laboratorio Universidad Autónoma Juan Misael	La Staphylococcus aureus (S. aureus) es una bacteria grampositiva que se encuentra comúnmente en la piel y las mucosas de los humanos, generalmente no patógena, la S. aureus

	Saracho “CEANID”	puede causar infecciones graves en ciertas circunstancias.
8	Mohos y levaduras Laboratorio Universidad Autónoma Juan Misael Saracho “CEANID”	Mohos y levaduras pueden causar infecciones cutáneas, oculares y respiratorias. La detección de mohos y levaduras puede dañar la reputación de la marca y perder la confianza del consumidor.

Fuente: Elaboración Propia

2.9 Investigación aplicada del producto

2.9.1 Metodología

El siguiente trabajo se ha basado en la siguiente metodología, explicada a continuación:

a) Enfoque de investigación

En este proyecto se usa un enfoque cuantitativo, según Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, D. (2014). Metodología de la investigación (5.ª ed.). Editorial McGraw-Hill el enfoque cuantitativo utiliza la recolección y el análisis de datos para contestar preguntas de investigación y probar hipótesis establecidas previamente, y confía en la medición numérica, el conteo y frecuentemente en el uso de la estadística para establecer con exactitud patrones de comportamiento en una población.

b) Tipo de Investigación

Los tipos de investigación que se utiliza es la investigación explicativa Hernández, Fernández & Baptista (2014) dice que los estudios explicativos van más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos; es decir, están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. Como su nombre lo indica, su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta o por qué se relacionan

dos o más variables. (Fernández Collado & Baptista Lucio, 2014, p. 95) La investigación explicativa: es aquella que tiene relación causal; no sólo persigue describir o acercarse a un problema, sino que intenta encontrar las causas del mismo.

c) Diseño de Investigación

En el proyecto se aplica un diseño experimental, pre experimental, en donde se establecerá una relación de causa y efecto de una situación, donde se va a observar el efecto causado por la variable independiente sobre la variable dependiente. El diseño que se hará será de prueba con dos grupos en donde a un grupo se le aplica una prueba experimental y al otro grupo se le aplica una prueba de control.

d) Métodos de la investigación

En este proyecto se aplica el método hipotético deductivo, según Rodríguez & Pérez (2017), describe que el método hipotético – deductivo, se parte de una hipótesis inferida de principios o leyes o sugerida por los datos empíricos, y aplicando las reglas de la deducción, se arriba a predicciones que se someten a verificación empírica, y si hay correspondencia con los hechos, se comprueba la veracidad o no de la hipótesis de partida. (Rodríguez Jiménez & Pérez Jacinto, 2017, p.12). Por lo anterior escrito es que se tomó la decisión de utilizar estos métodos el cual se basara en un ciclo inducción-deducción-inducción para establecer hipótesis y comprobar o refutarlas.

e) Población o muestra

Para llevar a cabo la metodología planteada se tomó una muestra mediante método de muestreo estratificado, realizando una división de subgrupos y agarrando muestras aleatorias. La selección de los subgrupos se realizó mediante un análisis de la población en Tarija, tomando en cuenta solo la población femenina por la amplia demanda de mujeres por la necesidad del crecimiento en el cabello, además se centró en un grupo de mujeres desde los 15 a 55 años, las cuales son mujeres con mayor fijación y afinidad hacia productos de tratamiento capilar. Mujeres de edades como 15 años muestran interés por el crecimiento de su cabello, brillo y suavidad y las mujeres de entre 50 años buscan solucionar problemas de estrés o enfermedades las cuales provocan la pérdida

del mismo, es por esto que se centró en mujeres de estas edades.

1. Selección de la muestra

Tomando en cuenta la población en Tarija y el porcentaje de población femenina se delimitan las personas idóneas para la toma de muestra.

Tabla II- 12. Delimitaciones de la población

Población según 2024	Población Objetivo	Provincia Cercado	Edades	Habitantes
534348 hab	Mujeres	115692	15-55	57800

Fuente: INE

De la cantidad de personas mujeres idóneas para la toma de muestra utilizando el método de muestreo estratificado se realizan la agrupación de subgrupos para realizar una toma de muestra representativa, estos subgrupos se muestran en la tabla siguiente:

Tabla II- 13. Muestreo Estratificado según edades

Sub Grupos	1	2	3	4
Edades	15-25	25-35	35-45	45-55
Representación porcentual	34,6%	29,01%	20,89%	15,5%
Cantidad de Personas	2	3	2	1
TOTAL	8 personas			

Fuente: Elaboración Propia

Llevado a cabo la toma de muestra más representativa según método estratificado se tuvo como muestra 8 personas, las cuales se aplicaron la crema experimental y por otra parte 8 personas quienes se aplicaron la crema de control para realizar la comparación de una crema con la otra y así ver si el aceite de ricino aporta propiedades que ayudan al crecimiento y al fortalecimiento del cabello.

f) Hipótesis

HO: La aplicación de la crema capilar enriquecida con aceite de ricino no influye significativamente en el fortalecimiento y crecimiento del cabello.

HI: La aplicación de la crema capilar enriquecida con aceite de ricino influye significativamente en el fortalecimiento y crecimiento del cabello.

g) Identificación de las variables

Es así que se plantean variables dependientes e independientes dentro la aplicación del producto terminado, para así plantearse las hipótesis.

Variable independiente

- Aplicación de la crema capilar enriquecida con aceite de ricino

Variable dependiente

- Crecimiento del cabello

2.9.2 Diseño de la Investigación3

a) Muestras en la Investigación

Para llevar a cabo el diseño de investigación en la crema y determinar si existe un incremento en el crecimiento de cabello, se realizó dos cremas variando insumos de preferencia para poder realizar una comparación y así justificar la investigación, a continuación, se explica cada uno de estas muestras.

- **Muestra de Control (crema 1)**

Esta muestra contiene los mismos insumos mencionados en la formulación de la crema capilar con excepción del aceite de ricino, dándole el nombre de crema de control, la cual no contiene el componente activo, el mismo que se menciona como encargado de ayudar en el crecimiento y fortalecimiento del cabello. Realizado por el mismo procedimiento y etapas mencionado en el diagrama de flujo.

➤ **Muestra Experimental (crema 2)**

Esta muestra experimental es la crema sometida a estudio para la cual está dirigida este proyecto, teniendo una diferencia con la muestra de control de solo el aceite de ricino, siendo la muestra principal la cual se indica que ayuda en el crecimiento y fortalecimiento del cabello.

b) Prueba de Investigación

Se realizaron 3 mediciones de control establecidos por la doctora, para poder tener una mayor precisión en los resultados, sabiendo que cada cabello cumple su propio ciclo de vida, siendo variante su crecimiento en diferentes zonas de la cabeza. Se proporciona los datos experimentales y de control del crecimiento de cabello con duración de un mes dados por la Doctora:

Tabla II- 14. Datos muestra Experimental

Aplicación de la crema (X)	Largo Inicial (cm)	Largo Final (cm)	Crecimiento	Promedio de crecimiento		
1	Cúspide	36,5	Cúspide	39,5	3	2,666
	Retroauricular	43	Retroauricular	46	3	
	Occipital	44	Occipital	46	2	

2	Cúspide	20,5	Cúspide	23	2,5	2,666
	Retroauricular	26,5	Retroauricular	28,5	2	
	Occipital	25	Occipital	28,5	3,5	
3	Cúspide	46	Cúspide	49,5	3,5	3,5
	Retroauricular	43	Retroauricular	47,5	4,5	
	Occipital	34	Occipital	36,5	2,5	
4	Cúspide	41	Cúspide	44	3	2,666
	Retroauricular	40	Retroauricular	43	3	
	Occipital	33	Occipital	35	2	
5	Cúspide	54	Cúspide	58	4	3,333
	Retroauricular	46	Retroauricular	49	3	
	Occipital	42	Occipital	45	3	
6	Cúspide	24	Cúspide	27	3	3
	Retroauricular	22	Retroauricular	25	3	
	Occipital	13	Occipital	16	3	

7	Cúspide	36,5	Cúspide	39,5	3	2,83
	Retroauricular	38,5	Retroauricular	41	2,5	
	Occipital	33	Occipital	36	3	
8	Cúspide	27	Cúspide	30	3	3
	Retroauricular	26	Retroauricular	28,5	2,5	
	Occipital	27,5	Occipital	31	3,5	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla II- 15. Datos muestra de control

Aplicación de la crema (X)	Largo Inicial (cm)	Largo Final (cm)	Crecimiento	Promedio de crecimiento		
1	Cúspide	13	Cúspide	14	1	1,166
	Retroauricular	2,5	Retroauricular	4	1,5	
	Occipital	2,5	Occipital	3,5	1	
2	Cúspide	25	Cúspide	26	1	1,333
	Retroauricular	32,5	Retroauricular	34	1,5	
	Occipital	24,5	Occipital	26	1,5	
3	Cúspide	38	Cúspide	39	1	1,166

	Retroauricular	36	Retroauricular	37,5	1,5	
	Occipital	39,5	Occipital	40,5	1	
4	Cúspide	47	Cúspide	48,5	1,5	1,5
	Retroauricular	44,5	Retroauricular	46	1,5	
	Occipital	38,5	Occipital	40	1,5	
5	Cúspide	42	Cúspide	43	1	1,333
	Retroauricular	30,5	Retroauricular	32	1,5	
	Occipital	30,5	Occipital	32	1,5	
6	Cúspide	38	Cúspide	39	1	1,166
	Retroauricular	30	Retroauricular	31,5	1,5	
	Occipital	24	Occipital	25	1	
7	Cúspide	53	Cúspide	54,5	1,5	1,5
	Retroauricular	45,5	Retroauricular	47	1,5	
	Occipital	34	Occipital	35,5	1,5	
8	Cúspide	33,5	Cúspide	35	1,5	1,333
	Retroauricular	28	Retroauricular	29	1	
	Occipital	20,5	Occipital	22	1,5	

Fuente: Elaboración Propia

c) Contraste de hipótesis de medias del crecimiento del cabello

A partir de los datos obtenidos del crecimiento de cabello de las pruebas se realizó el contraste de hipótesis de medias del crecimiento aplicando el estadístico t Student porque la muestra experimental es menor a 30 para un nivel de significación de ($\alpha = 0,05 = 5\%$) y nivel de confianza de 95% para comparar las medias de dos pruebas.

1) Fórmula para calcular el estadístico t Student

Cuando las muestras son menores a 30 se aplica el t Student la fórmula siguiente para comparar medias según (Montgomery,2004).

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}}$$

Donde:

\bar{X}_1 = Media de la prueba experimental

\bar{X}_2 = Media de la prueba de control

S_1^2 = Varianza de la prueba experimental

S_2^2 = Varianza de la prueba de control

n_1 = Tamaño de la muestra prueba experimental

n_2 = Tamaño de la muestra prueba control

2) Zona de aceptación y rechazo de hipótesis nula

Según la gráfica se determina si se rechaza o se acepta la hipótesis nula. Cuando t calculada cae en zona de rechazo se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa. Si t calculada cae en zona de aceptación se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa.

Figura II- 1. Prueba bilateral



Fuente: Elaboración Propia

3) Formulación de las hipótesis para el contraste de hipótesis

Hipótesis nula: $\mu_1 = \mu_2$ (NO hay una diferencia estadística, en cuanto al promedio de crecimiento de cabello entre la crema capilar experimental y de control).

Hipótesis alternativa: $\mu_1 \neq \mu_2$ (Hay una diferencia estadística, en cuanto al promedio de crecimiento de cabello utilizando la crema capilar experimental y de control).

4) Cálculos de la t Student experimental

Calculado las medias y la varianza de la muestra experimental y control se tienen:

Tabla II- 16. Cálculos de media y varianza

N° de Personas	Experimental		Control	
	Experimental	Control	Experimental	Control
Persona 1	2.66	1.166		
Persona 2	2.66	1.333		
Persona 3	3.5	1.166		
Persona 4	2.66	1.5		
Persona 5	3.333	1.333		
Persona 6	3	1.166		
Persona 7	2.833	1.5		
Persona 8	3	1.333		
Media (Xm)	2.95575	1.312125		
Varianza (S2)	0.089989	0.016995		

Fuente: Elaboración Propia

Calculando el T Studet con la siguiente formula se tiene:

$$tcal = \frac{Xm1 - Xm2}{\sqrt{\frac{S1^2}{n1} + \frac{S2^2}{n2}}}$$

$$tcal = \frac{Xm1 - Xm2}{\sqrt{\frac{S1^2}{n1} + \frac{S2^2}{n2}}}$$

$$tcal = 26,533$$

5) Encontrar el t Student de tablas

Para encontrar el t Student de tablas primero se encuentra los grados de libertad el cual lo calculamos según t student de dos muestras.

$$\text{Grados de libertad} = \text{Gl} = n_1 + n_2 - 2 = 8 + 8 - 2 = 14$$

Anteriormente se dijo que el T Student se va aplicar para un nivel de significación de $\alpha = 0,05 = 5\%$ y un nivel de confianza de 95% para comparar las medias de las dos muestras

Con estos dos datos de $\text{Gl} = 14$ y $\alpha = 0,05$, se entra a las tablas de T Student de dos colas (ver anexo) y se tiene que:

$$T_{\text{Tab}} = \pm 2,145$$

Los resultados de la comprobación de la hipótesis se describen en el capítulo siguiente.

2.10 Aplicación de la crema

La aplicación de la crema capilar fue realizada en las personas a estudio según recomendaciones de la doctora y como guía CTFA (Cosmetic, Toiletry and Fragrance Association). (2004). Cosmetic Ingredient Handbook. 2nd ed. Washington, DC: CTFA, además se realizó según marco teórico descrito en el Capítulo II. Es así que se tienen los pasos siguientes para la adecuada aplicación de la crema en el cabello.

- Lavar el cabello previamente con un champú suave y enjuagar bien para eliminar residuos.
- Aplicar la crema capilar sobre el cabello húmedo, distribuyéndola uniformemente desde la raíz hasta las puntas.
- Masajear suavemente para facilitar la penetración del producto, realizar mechón por mechón.
- Dejar actuar el tiempo indicado máximo de 30 minutos. Colocarse una toalla o una bolsa para mantener el calor, si se cuenta con gorro térmico mucho mejor para mejores resultados.

- Enjuagar con abundante agua hasta eliminar completamente el producto.

La frecuencia de uso recomendada suele ser de 1 a 2 veces por semana, aunque puede ajustarse según las necesidades del tipo de cabello (seco, dañado, teñido, etc.). Es así que se analizó por medio de la doctora cada uno de los cabellos y según su estado se determinó la aplicación de 1 vez por semana en algunos casos y de 2 veces por semana en otros, así como también la aplicación desde la raíz o solo puntas.

La cantidad de crema a utilizar se dejó en función a la cantidad de cabello que contiene la persona a evaluar.

2.11 Prueba de Efectividad y Aceptación

La prueba de efectividad llevada a cabo se la realizó con la finalidad de respaldar la aplicación del producto, se realizó en personas con casos críticos, fuera de la muestra tomada anteriormente. Esta prueba se la realizó a dos personas, una de ellas presentaba alopecia de sexo masculino, la cual presentaba poco crecimiento en zonas de su cuero cabelludo. Esta persona se realizó la aplicación de la crema en un tiempo de un mes con una aplicación de dos veces por semana.

La segunda persona en aplicación fue una persona de sexo femenino con Psoriasis identificada, la cual se realizó la aplicación desde la raíz hasta los puntos dos veces por semana.

CAPITULO III
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Resultados del aceite de ricino

Como ya se mencionó anteriormente los análisis al aceite de ricino fueron de manera cuantitativa, con el fin de aportar información para la elaboración de la crema capilar. También se cuenta con la ficha técnica del aceite VER ANEXO B. Se realizó la evaluación comparativa según normativa de la composición tentativa de este aceite, teniendo los resultados del análisis. En la siguiente tabla se muestran los resultados:

Tabla III- 1. Resultados del aceite de ricino

N	PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA
1	Ácidos Grasos Saturados	% Relativo		
	Ácido Palmítico		6,099	0,31-2,77
	Ácido Esteárico		1,098	0,45-3,05
2	Ácidos Grasos Monoinsaturados	% Relativo		
	Ácido Ricinoleico		78,889	75,77-94,59
	Ácido Oleico		6,796	2,82-7,40
3	Ácidos Grasos Poliinsaturados	% Relativo		
	Ácido Linoleico		4,449	1,84-8,94
	Ácido Linolénico		2,669	0,3-0,63

Fuente: Elaboración propia

Se pudo observar por lo tanto que nuestro aceite presenta un 78,89 % de ácido ricinoleico VER ANEXO A, el cual según referencias bibliográficas se encuentra entre las aproximaciones mencionadas en la tabla con su contenido de este de entre 75 a 95%, este dato se sacó de Ciencia y tecnología de los alimentos, Campinas, en prensa, 2020, aceptado por la facultad de ciencias agrícolas, Universidad Oceánica de Guangdong, Zhanjiang, China. VER ANEXO

3.2 Resultados del Diseño Experimental

Se identifico con la ayuda de las pruebas preliminares, los limites mínimos y máximos de las variables según la viscosidad y costos de elaboración. Gracias a estas pruebas se pudo dar los límites de Aceite de ricino 13-15 gr, Relación alcohol cetilico-deyquarth 15-18 gr y Aceite de coco 6-8 gr.

Llevando a cabo los cálculos de cada combinación, como variables sueltas y la interacción se obtuvo la tabla anova la cual representa los valores de la Fisher experimental que permite establecer causalidad y la Fisher de tablas sacado con grados de libertad=3 y los grados de libertad del denominador=8, con eso en ttab sacamos $F_{tab} = 4,07$, la cual es una prueba exacta para determinar la significancia de las variables, se muestra la tabla:

Tabla III- 2. Anova

FACTOR DE VARIABLES	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADOS DE MEDIOS	FISHER EXP.	FISHER TAB.
Aceite de Ricino	5625	1	5625	0,818	4,07
Relación alcohol cetilico-Deyquarth	625	1	625	0,09	4,07
Aceite de coco	625	1	625	0,09	4,07
Aceite de ricino* Relación alcohol cetilico-Deyquarth	30625	1	30625	4,454	4,07
Aceite de Ricino* Aceite de coco	5625	1	5625	0,818	4,07
Relación alcohol cetilico-Deyquarth* Aceite de coco	625	1	625	0,09	4,07
Aceite de ricino* Relación alcohol cetilico-Deyquarth* Aceite de coco	5625	1	5625	0,818	4,07
RESIDUAL	285317500	8	6875		
TOTAL	285317500	15	6958,33		

Fuente: Elaboración Propia

Se muestra cuadro de resultados obtenidos mediante el programa SPSS, los cuales coincide con el cuadro ANOVA anterior, realizado mediante calculo teórico.

Tabla III- 3 Pruebas de efectos inter-sujetos realizado en el programa SPSS

Variable dependiente: RESULTADO

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	49375,000 ^a	7	7053,571	1,026	,480
Intersección	381225625,0 00	1	381225625,0 00	55451,000	,000
AceitRic	5625,000	1	5625,000	,818	,392
Relac	625,000	1	625,000	,091	,771
AceitCoc	625,000	1	625,000	,091	,771
AceitRic * Relac	30625,000	1	30625,000	4,455	,068
AceitRic * AceitCoc	5625,000	1	5625,000	,818	,392
Relac * AceitCoc	625,000	1	625,000	,091	,771
AceitRic * Relac * AceitCoc	5625,000	1	5625,000	,818	,392
Error	55000,000	8	6875,000		
Total	381330000,0 00	16			
Total corregido	104375,000	15			

a. R al cuadrado = ,473 (R al cuadrado ajustada = ,012)

En el siguiente cuadro se muestra los valores del Fisher experimental y el Fisher de tablas junto a su interpretación:

Tabla III- 4. Resumen tabla anova

FISHER EXPERIMENTAL	FISHER TABLA	CORRIDA
0,818	4,07	No Significativa
0,09	4,07	No Significativa
0,09	4,07	No Significativa
4,454	4,07	Significativa
0,818	4,07	No Significativa
0,09	4,07	No Significativa
0,818	4,07	No Significativa

Fuente: Elaboración Propia

Según nuestra tabla por lo tanto tendremos los resultados de las hipótesis, las cuales son:

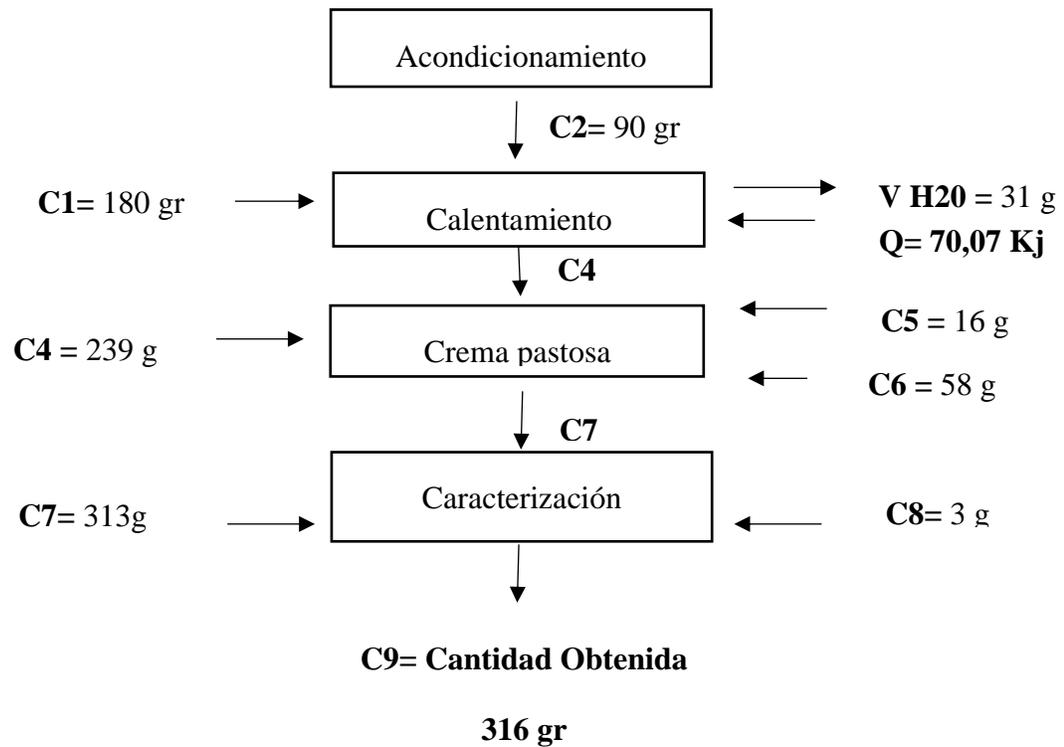
- a) Para el caso del factor A (aceite de ricino) el $F_{cal} < F_{tab}$ ($0,818 < 4,07$); por lo tanto, se rechaza H_1 y se acepta H_0 ; es decir, que el aceite de ricino no influye significativamente en el proceso de elaboración de la crema capilar.
- b) Para el caso del factor B (relación alcohol cetílico-deyquarth) el $F_{cal} < F_{tab}$ ($0,09 < 4,07$); por lo tanto, se rechaza H_1 y se acepta H_0 ; es decir, que la relación alcohol cetílico-deyquarth no influye significativamente en el proceso de elaboración de la crema capilar.

- c) Para el caso del factor C (aceite de coco) el $F_{cal} < F_{tab}$ ($0,09 < 4,07$); por lo tanto, se rechaza H_1 y se acepta H_0 ; es decir, que el aceite de coco no influye significativamente en el proceso de elaboración de la crema capilar.
- d) Para el caso de la interacción del factor A y el factor B (aceite de ricino- relación alcohol cetílico-deyquarth) el $F_{cal} > F_{tab}$ ($4,454 > 4,07$); por lo tanto, se acepta H_1 y se rechaza H_0 ; es decir, que el aceite de ricino y la relación alcohol cetílico-deyquarth influyen significativamente en el proceso de elaboración de la crema capilar.
- e) Para el caso de la interacción del factor A y el factor C (aceite de ricino- aceite de coco) el $F_{cal} < F_{tab}$ ($0,818 < 4,07$); por lo tanto, se rechaza H_1 y se acepta H_0 ; es decir, que el aceite de ricino y el aceite de coco no influyen significativamente en el proceso de elaboración de la crema capilar.
- f) Para el caso de la interacción del factor B y el factor C (relación alcohol cetílico-deyquarth-aceite de coco) el $F_{cal} < F_{tab}$ ($0,09 < 4,07$); por lo tanto, se rechaza H_1 y se acepta H_0 ; es decir, que la relación alcohol cetílico-deyquarth y el aceite de coco no influyen significativamente en el proceso de elaboración de la crema capilar.
- g) Para el caso de la interacción del factor A, factor B y el factor C (aceite de ricino- relación alcohol cetílico-deyquarth-aceite de coco) el $F_{cal} < F_{tab}$ ($0,818 < 4,07$); por lo tanto, se rechaza H_1 se acepta H_0 ; es decir, que el aceite de ricino, relación alcohol cetílico-deyquarth y aceite de coco no influyen significativamente en el proceso de elaboración de la crema capilar.

3.3 Resultado del balance y rendimiento

En la elaboración de la crema se llevaron a cabo los cálculos del rendimiento y las pérdidas durante el procedimiento, mediante el balance de materia empleado en el proceso de elaboración la crema como se muestra a continuación:

3.3.1 Resumen del balance



En la siguiente tabla se muestra los resultados:

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{masa de crema obtenido}}{\text{masa total inicio}} * 100$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{316}{350} * 100$$

$$\text{Rendimiento} = 90,3 \%$$

Tabla III- 5. Rendimiento y perdidas en la elaboración de la crema

Rendimiento del producto	90,3 %
Perdidas	9,7 %

Fuente: Elaboración propia

Se obtuvo un rendimiento del 90,3 %, teniendo en cuenta que se tuvo un ingreso total de 350 gr y una salida final de crema igual a 316 gr. Por otra parte, se observó una pérdida del 9,7 % respecto al rendimiento teórico. Este valor es coherente con procesos semi-industriales o artesanales, donde las operaciones son mayormente manuales. En la industria cosmética, no existen normas que establezcan límites fijos, pero según la práctica técnica observada en la fabricación de productos cosméticos, las pérdidas pueden oscilar entre:

- 2 a 5% en procesos industriales automatizados.
- 10 a 15% en procesos semi-industriales y manuales.

Este criterio está respaldado por la experiencia documentada en textos como:

- Harry's Cosmeticology (9th ed.)
- Handbook of Cosmetic Science and Technology (Barel, Paye, Maibach)
- Caso real de la empresa Shiseido, donde se reportaron pérdidas de hasta 12% antes de la implementación de mejoras tecnológicas (PSG Dover, 2016).

3.4 Resultados del análisis al producto terminado

Los análisis del producto terminado se realizaron en el Laboratorio CEANID de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, los resultados fueron:

Tabla III- 6 Resultados de laboratorio al producto terminado

N	PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	REFERENCIA
1	Acidez Titulable	g/100g	0,22	Según formulaciones: <0,5g/100g
2	PH	-	4,6	4,5-5,5
3	Rancidez	pos/neg	Negativo	<10 meq O ₂ /kg
4	Escherichia coli	UFC/g	<1,0*10 ¹ (*)	ISO 17516:2014/Reglamento CE 1223/2009 ≤ 10 UFC/g
5	Mohos y levaduras	UFC/g	<1,0*10 ¹ (*)	ISO 17516:2014/Reglamento CE 1223/2009 ≤ 100 UFC/g
7	Viscosidad	Cp	2500	-

Fuente: Elaboración Propia

Los análisis realizados en el laboratorio CEANID y laboratorio Operaciones Unitarias fueron resultados validos según las referencias utilizadas en el trabajo.

En el caso de la acidez titulable en productos con ingredientes activos como vitamina C o alfa-hidroxiácidos (AHAs), es habitual encontrar acidez titulable entre 2% y 10%, especialmente en exfoliantes o mascarillas. Además, el Manual de Técnicas Analíticas Cosméticas – ANMAT y libro como “Cosmética de Harry”, los valores de acidez

titulables son **mucho menores**, generalmente $< 0,5 \text{ g/100 g}$, porque están formulados para evitar irritación, lo cual el valor de $0,22 \text{ g/100 g}$ obtenido en esta fórmula es considerablemente más bajo, lo cual es coherente con su propósito como tratamiento capilar con enjuague, de acción suave y segura.

En el caso del pH, Harry's, H. (2014). *Harry's Cosmeticology* (9ª ed.). CRC Press. indica que los tratamientos capilares con enjuague deben tener un pH compatible con el cabello (fisiológico), preferentemente ácido, para conservar la salud de la fibra capilar, indicando pH de entre 4,5 a 5,5 el cual es el pH natural del cabello humano.

Según Draelos, Z. D. (Ed.). (2021). *Cosmetic science and technology* (3rd ed.). Elsevier, el índice de peróxidos debe mantenerse por debajo de $10 \text{ meq O}_2/\text{kg}$ para productos cosméticos que contienen aceites vegetales. American Oil Chemists' Society. (n.d.). *The AOCS Lipid Library*. American Oil Chemists' Society. URL establece que índices de peróxidos menores de 5 indican que el producto está en excelente estado de conservación, estas referencias nos indican que la crema es considerada aceptable ya que se encuentra mucho menos que lo indicado en textos siendo nula (negativa) en la crema presentada.

Dentro los resultados microbiológicos cumplen con los criterios de aceptabilidad microbiológica establecidos por la Farmacopea Europea, guías como la de la FDA para productos no estériles de uso tópico y la ISO 17516:2014, valores menores a 10 UFC/g indican buena calidad microbiológica y adecuada conservación.

El producto presentó una viscosidad de 2500 cp . Este valor se encuentra dentro de un rango funcional para cremas capilares de tratamiento, proporcionando buena extensibilidad, aplicación uniforme y facilidad de enjuague. Según Barel, A. O., Paye, M., & Maibach, H. I. (Eds.). (2009). *Handbook of cosmetic science and technology* (2ª ed.). CRC Press., las viscosidades entre 2000 y 3000 cp son comunes en formulaciones acondicionadoras de consistencia cremosa. Además, la viscosidad adecuada contribuye a una correcta estabilidad del producto, percepción sensorial agradable y dosificación eficiente durante su uso.

3.5 Cálculos del precio Unitario

La estimación del precio del producto es muy importante para saber a cuanto se debe vender en el mercado, teniendo una cierta utilidad.

De acuerdo con Friedman, M. (1976). Teoría de los precios. Prentice Hall , la fórmula para estimar costos es la siguiente:

1. Costos fijos totales + Cálculo de costos variables totales = La suma de costos fijos y variables.
2. La suma de costos fijos y variables / Su producción total estimada = Costo por unidad de producción.

Siendo la elaboración a escala laboratorio, la estimación del precio del producto es diferente.

3.5.1 Costos de Producción

En esta parte tenemos los siguientes costos para producir una crema capilar para un envase de 450 gr, tomando en cuenta los costos de materia prima, costos de insumos y reactivos, costo de envase y costos de etiqueta.

Tabla III- 7. Costo total de producción

INSUMO	CANTIDAD (gr)	PRECIO (Bs)	Cantidad Utilizada para 450 gr de crema	Precio (Bs)
Alcohol Cetilico	500	55	25,7	2,83
Deyquarth	500	47	25,7	2,4
Aceite de Coco	400	170	15	6,5
Aceite de Ricino	1000	100	20,5	2
Fragancia	30	40	1,3	1,7
Fungozor	500	26	1,3	0,06
Keratina	50	50	1,3	1,3
Vitamina E	500	1000	1,3	2,6
Propilenglicol	500	40	2,6	0,2
Extracto penca	1000	30	115,6	3,5
Vitamina C	50	15	0,38	0,1
Glicerina	250	12	5	0,2
Agua	1000	4	231	0,9
Envase	100	365	1,3	4,7
Etiqueta	1	0,16	1,3	0,2
COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN				29,33713

Fuente: Elaboración Propia

3.5.2 Costos de mano de obra

Para este cálculo se va considerar como referente el salario mínimo que establece el Ministerio de Trabajo que es 2500 Bs por un mes (26 días, descontando los domingos) y por otra parte se controla el tiempo que llevo elaborar el producto, para elaborar 1 crema capilar de 350 gr se tomó un tiempo de 70 minutos, teniendo estos dos datos realizando el cálculo tendremos:

$$\text{Costo mano de obra} = 70 \text{ min} * \frac{2500 \text{ bs}}{26 \text{ dias}} * \frac{1 \text{ dia}}{8 \text{ horas}} * \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ min}}$$

$$\text{Costo mano de obra} = 14 \text{ Bs}$$

3.5.3 Costos de servicios básicos

a) Cálculo del costo de luz

El cálculo del costo de luz se efectúa viendo la potencia que tiene dicho equipo, en este caso nuestro calentador eléctrico tiene un consumo de energía de 2KW/h, por otra parte, se tiene otro consumo del mixer que este consume 0,4 KW.

La tarifa de energía que se consume durante 50 minutos, de estos 30 min el calentador y 20 min el mixer se muestra en la siguiente imagen, tomando en cuenta el costo de 0,7 Bs/KWH.

Tabla III- 8. Costos totales de luz

COSTOS DE LUZ		
Pot. Equipo 1	2	KWH
Pot. Equipo 2	0,4	KWH
Tiempo 1	0,3	horas
Tiempo 2	0,2	horas

Tarifa	0,7	KWH
Costo Equipo 1	0,42	Bs
Costo Equipo 2	0,056	Bs
TOTAL, COSTOS LUZ	0,476	Bs

Fuente: Elaboración Propia

Por lo tanto, se tendrá un costo de:

$$\text{Costo total} = \text{Costo de producción} + \text{Costo de mano de obra} \\ + \text{Costos de servicios básicos}$$

$$\text{Costo total} = 29,3 + 14 + 0,476 = 43,77 \text{ Bs}$$

Sacando la utilidad con una ganancia del 30% tendremos nuestro precio igual a:

$$\text{Costo Producto} = 56,9 = 57 \text{ Bs}$$

Teniendo nuestro precio del producto comparando con productos que ya se encuentran en el mercado, se encuentra muy accesible además de ser un producto con insumos muy naturales.

Algunos precios de productos en el mercado se muestran en la siguiente tabla:

Tabla III- 9. Tabla comparativa de los precios en el mercado

PRECIO DE CREMA AMANCAY DE 450 gr		
57 Bs		
MARCA	CANTIDAD	PRECIO
MERCADO	(gr)	MERCADO
		(Bs)
Revive	300	56
Skala	1000	42
Elvive	250	38
TRESenme	250	35
Dove	250	30
Carissa	1000	20
Belestral	1000	25
Hair Foo	350	47

Fuente: Elaboración Propia

Según la tabla proporcionada se puede observar variaciones de precio según la marca y la función, en este caso nuestra crema entra en el mercado siendo mucho más

económica que la crema TRESemmé, Dove y Hair Foo siendo estas de menor cantidad y solo una de la misma cantidad.

3.6 Cálculo Teórico de la cantidad de ácido ricinoleico

Según análisis del aceite de ricino realizado en el departamento de Cochabamba por el laboratorio CIQ (Centro de Investigaciones Químicas S.R.L.), (Ver Anexo A).

Indica un contenido de ácido ricinoleico presente en nuestro aceite de 78,86%.

Para la cantidad de cantidad de 450 gr de crema contenidos en el envase se requerirán 23 gr de aceite de ricino.

Por lo tanto, la cantidad de ácido ricinoleico teórico en envase de 450gr será:

$$\textit{Contenido de Acido ricinoleico} = 23 \textit{ gr aceite} * \frac{78,86 \textit{ gr acido ricinoleico}}{100 \textit{ gr de aceite}}$$

$$\textit{Contenido de Acido ricinoleico} = 18,137 \textit{ gr}$$

Se indica una cantidad de 18,137 gr de ácido ricinoleico para una cantidad de 450 gr de crema, expresados en porcentajes tendremos:

$$\textit{Porcentaje de acido ricinoleico} = \frac{18,137}{450} * 100$$

$$\textit{Porcentaje de acido ricinoleico} = 4 \%$$

Como resultado obtenemos una cantidad de 4% de ácido ricinoleico presente en la crema capilar, la cual actúa como agente activo para ayudar en el crecimiento y fortalecimiento del cabello.

3.7 Resultados de la comprobación de la hipótesis de la investigación

En el capítulo anterior se realizó los cálculos donde se obtuvo los siguientes datos como se muestra la tabla:

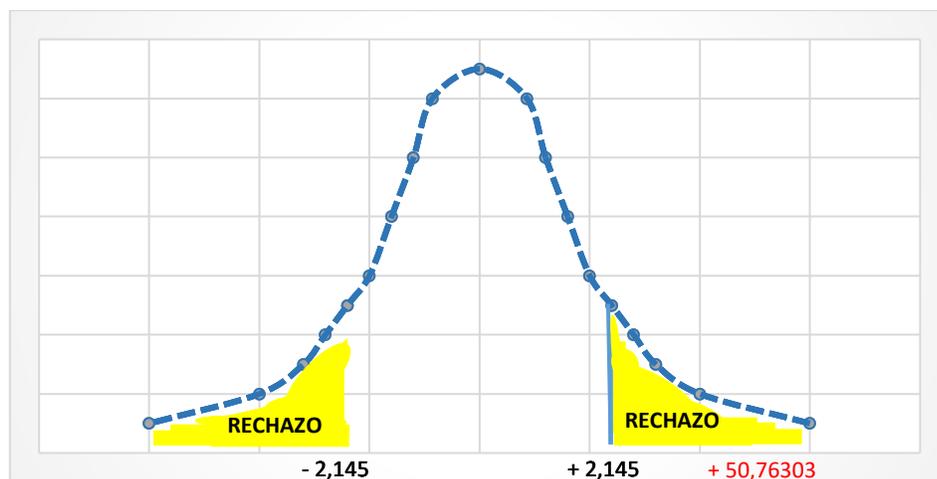
Tabla III- 10. Resultados de los cálculos de T student de tablas y calculo

RESULTADOS DE LOS CÁLCULOS		
T Student de tablas ($\alpha=0,05$)	T tab	$\pm 2,145$
T Student calculado	T cal	50,76303

Fuente: Elaboración Propia

Graficando estos valores en la curva de T Student se tienen lo siguiente:

Figura III- 1.Grafica de los resultados en la curva de T Student



Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar en la gráfica el $t \text{ cal} = +50,763$ y este cae en la región de rechazo, por lo que se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_A)

$H_0: \mu_1 = \mu_2$ (se rechaza)

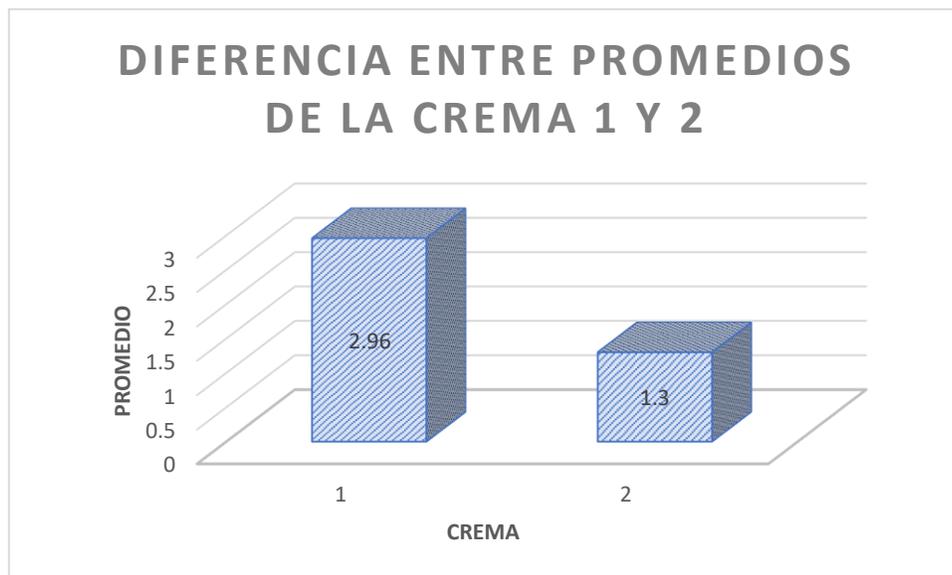
$H_A: \mu_1 \neq \mu_2$ (se acepta)

En conclusión, de la investigación y comprobación de la hipótesis se puede decir que: “Hay una diferencia estadística, en cuanto al promedio de crecimiento con la

crema de control en referencia a la crema experimental, identificando un mayor crecimiento con la crema experimental, mayor al índice de crecimiento normal de una persona de 1,5 cm por mes.

En conclusión, se puede decir que esta crema si ayuda bastante en el crecimiento del cabello según se observa la siguiente gráfica:

Figura III- 2. Grafica de diferencia entre promedios de la Crema 1 y 2



Fuente: Elaboración Propia

Según el marco teórico establece que el índice de crecimiento normal es de aproximadamente de 1 a 1,3 cm, el crecimiento promedio que se obtuvo es de 2,96 cm/mes lo que indica que el cabello se encuentra con una mayor velocidad de crecimiento, es decir fortalecido para obtener buenos resultados en el crecimiento.

3.8 Especificaciones técnicas del producto

Se muestra la siguiente tabla, donde se indican las especificaciones técnicas del producto, respaldado según marco teórico ya mencionado en el capítulo II.

Tabla III- 11 Especificaciones técnicas del producto

Nombre Producto	Crema Capilar “Amancay”
Material de envase	Plástico de color negro
Contenido	450 gr
Color	Blanco, lechoso
Viscosidad	Media
pH	4,6

Fuente: Elaboración Propia

3.9 Resultados de la prueba de efectividad en el fortalecimiento del cabello

La prueba de efectividad en las personas de casos críticos tuvo una gran significancia, sin realizaran una evaluación muy profunda se pudo ver resultados como se muestran en la siguiente tabla:

Tabla III- 12. Resultados prueba efectividad

Paciente	Observaciones	Antes	Final
Paciente con zonas Alopecicas	Crecimiento de unos: 2,5cm 3cm 2,5cm 2cm		

En diferentes
Zonas.

**Paciente
con
Psoriasis**

Mejoras en la
aparición de la
Psoriasis,
mejorando su
aparición y
aspecto.



Fuente: Elaboración Propia

Según la tabla muestra un crecimiento significativo, teniendo zonas con mayor crecimiento y otras con menor crecimiento. Todas como mínimo de crecimiento de 2 cm, sobrepasando el índice de crecimiento común de 1,3 cm. Por lo tanto, se puede concluir con un buen crecimiento y fortalecimiento del cabello al momento de aplicarse la crema capilar durante el mes de tratamiento.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- El presente trabajo presenta conclusiones en las diferentes etapas llevadas a cabo, partiendo de la caracterización del aceite de ricino se tiene resultados del análisis de ácidos grasos en el laboratorio de Cochabamba de 78,889% de ácido ricinoleico, demostrando el contenido mayoritario de ácido ricinoleico según se había planteado y sostenido según bibliografía.
- De acuerdo a las pruebas preliminares para identificar límites mínimos y máximos de nuestras variables, se identificaron límites de aceite de ricino (16-18 gr), relación alcohol cetílico-deyquarth (18-20 gr) y aceite de coco (12-15 gr), basados en la diferencia de viscosidad entre ellos, además del gasto y de la consistencia de la misma, con esto se concluye que existe una mejor viscosidad agregando cantidades aproximadas de alcohol cetílico y el aceite de ricino, llegando a una viscosidad estable.
- Según el diseño experimental se obtuvo resultados óptimos en cantidades de aceite de ricino en una cantidad de 16 gr, relación de alcohol cetílico-deyquarth de 20 gr y el aceite de coco de 12 gr. Respondiendo estos valores a la mejor viscosidad entre todas nuestras corridas, siendo la corrida 5 con las cantidades mencionadas la corrida ganadora.
- Los resultados de los análisis realizados al producto final según normativa ISO 22716-2007, se llevaron a cabo en el laboratorio CEANID dando resultados de Acidez titulable igual a 0,22 g/100g, rancidez negativa, Escherichia coli $< 1,0 \cdot 10^1$ UFC/g, mohos y levaduras de $< 1,0 \cdot 10^1$ UFC/g, viscosidad de 2200 Cp y un PH igual a 4,6. Estos resultados se concluyen como acertados, llegando a cumplir con los rangos establecidos según normativa microbiología y textos así como libros los cuales sirvieron de guía para tener un pH y viscosidad acertadas, estableciendo un producto de calidad.
- El costo de producción obtenido fue de 57 bs para una cantidad de 450 gr de contenido de crema, comparado con productos de mercado, el precio obtenido se encuentra dentro de un costo aceptable y consumido, concluyendo que el producto se encuentra accesible en el mercado, pudiendo competir si es lanzado al mercado.

- La hipótesis formulada, mediante cálculos estadísticos se concluye con una hipótesis rechazada, suponiendo una hipótesis nula, en una gráfica bilateral de dos colas, dando así aceptación a la hipótesis alternativa donde si existe una significancia según el índice de crecimiento entre la crema experimental y la de control, llegando así a la conclusión de que al realizarse la aplicación de la crema capilar enriquecido con aceite de ricino si ayuda al crecimiento de cabello, con esto también confirmando a la vez el fortalecimiento del cabello, ya que su crecimiento es un factor importante para demostrar su fortalecimiento.
- La prueba de efectividad llevada a cabo en una persona de sexo masculino con síntomas de problemas de alopecia, presentando zonas sin cabello y de muy poco crecimiento, concluyendo con un resultado de crecimiento significativo. Esto no quiere decir que la aplicación de la crema es un tratamiento eficaz para este tipo de problemas, sino que ayuda, pudiendo tener buenos o no tan buenos resultados según la persona y una evaluación médica con profesional en la rama.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda realizar un análisis más minucioso a la crema para tener mucha más validez al momento de respaldar su efectividad, además de optar por una muestra mayor para ver su eficacia en diferentes tipos de cabellos.
- Se recomienda en lo posible tratar con una especialista dermatóloga para obtener mejores resultados con mucho mas respaldo.
- Por otra parte, también se recomienda tener mucho cuidado al momento de usar el aceite de ricino no exceder su uso ya que fuentes indican factores negativos que podrían provocar en la piel si excedemos en la cantidad de agregado.
- Finalmente se recomienda continuar con el trabajo llevado a cabo mediante análisis mucho más profundos, analizar su tiempo de vida del producto y realizar una aplicación con un mayor tiempo para observar mejores resultados que pueden indicar mayores beneficios o menores, además se propone tratar con otros diferentes aceites que se producen en Tarija y observar los efectos positivos que tiene para el cabello y así dar un aporte investigativo sobre beneficios que pueden ser obtenidos.