



**Somos calidad,
somos USC**

Evaluación de los efectos de los polifenoles provenientes del extracto de quinua (chenopodium quinua) y del extracto de romero (salvia rosmarinus), en una mascarilla para la reparación y fortalecimiento de la hebra capilar

Autor(es)

**Yamileth Mesa González
Marcela Realpe Fernández**

Químico Farmacéutico

Director(es)

**Yhors Alexander Ciro Monsalve
John Alexander Miller Peluffo**

Grupo de Investigación

QUIBIO Grupo de Investigación en Química y Biotecnología

Línea de Investigación

Desarrollos tecnológicos y biotecnológicos

**Facultad de Ciencias Básicas
Química Farmacéutica
Universidad Santiago de Cali
Santiago de Cali – Colombia
2025**

IMPACTOS

Relacione el (los) impacto(s) que presentó un tratamiento capilar de romero y quinua

IMPACTO	PRODUCTO	BENEFICIARIO(S)
Económico	Al innovar en formulaciones capilares con ingredientes naturales se genera un producto competitivo en el mercado, promoviendo nuevos ingresos y reduciendo los costos debido al uso de plantas nativas colombianas y sostenibles.	Productores y comercializadores de productos capilares naturales.
Responsabilidad social	El uso de romero y Quinua en productos capilares puede apoyar prácticas sostenibles y el uso de ingredientes naturales, disminuyendo el riesgo asociado a productos químicos dañinos sin afectar la salud del consumidor y beneficiando a las comunidades locales que cultivan esta planta.	Comunidades locales, consumidor y quienes cultivan el romero y la quinua.
Científico	Los estudios contribuyen al avance en la investigación de las propiedades antioxidantes y antimicrobianas del romero y la quinua en tratamientos capilares efectivos.	Investigadores y científicos en el campo de la cosmética natural.
Indicadores de Gestión	Implementación de pruebas de desempeño, controles fisicoquímicos y estabilidad acelerada para garantizar la calidad y vida útil del producto	Industria cosmética.
Tecnológico	Empleo de tecnologías de extracción y formulación de productos con ingredientes naturales	Industria cosmética.
Técnico	Desarrollo de formulaciones efectivas que combinan las propiedades de los compuestos fenólicos de la quinua y romero para maximizar los efectos en la hebra capilar	Los Profesionales en formulación Consumidores
Ambiental	Reducción del uso de químicos nocivos y promoción de prácticas agrícolas sostenibles	Medio ambiente y consumidores
Social	No afecta la salud capilar y promueve una belleza consciente y conectada con el bienestar	Consumidores
Cultural	Se aprovecha plantas con efecto farmacológico autóctonas como la quinua y el romero fortaleciendo la identidad cultural y regional.	Consumidores y comunidades locales.

*Incluir los productos obtenidos derivados de la investigación como: apropiación social del conocimiento, generación de nuevo conocimiento entre otros.

Evaluación de los efectos de los polifenoles provenientes del extracto de quinua (*chenopodium quinua*) y del extracto de romero (*salvia rosmarinus*), en una mascarilla para la reparación y fortalecimiento de la hebra capilar.

Yamileth Mesa González¹, Marcela Realpe Fernández²

¹Programa de Química Farmacéutica, Universidad Santiago de Cali, Yamileth.mesa00@usc.edu.co. Campus Pampa linda Calle 5 # 62-00. Santiago de Cali. Colombia

²Programa de Química Farmacéutica, Universidad Santiago de Cali, marcela.realpe00@usc.edu.co. Grupo de Investigación Quibio de la USC Facultad de Ciencias Básicas. Campus Pampa linda Calle 5 # 62-00. Santiago de Cali. Colombia

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo evaluar los efectos de los polifenoles extraídos de la quinua y del romero en una mascarilla capilar destinada a la reparación y fortalecimiento del cabello. La motivación principal radica en la necesidad de encontrar alternativas naturales y menos tóxicas a los productos capilares convencionales, que a menudo contienen sustancias químicas perjudiciales para la salud y el medio ambiente. Se obtuvieron extractos etanólicos a partir de la quinua y el romero mediante la maceración y la técnica asistida por ultrasonido, posteriormente se formuló una mascarilla capilar y se evaluaron sus propiedades fisicoquímicas iniciales obteniendo inicialmente los siguientes resultados: pH=4.5 ± 0,01, viscosidad= 301200 ± 6 cp. y organolépticas (olor herbal, color beige, textura suave, consistente y sin grumos), resultados conformes en comparación con el estándar (ver tabla N°2); posterior a las pruebas de estabilidad se obtuvieron resultados finales promedio en un periodo de 4 semanas de: pH(6°C)=4,70± 0,18; pH (25°C)= 4,5 ± 0,00; pH (40°C)= 4,43 ± 0,05; pH (50°C)= 4,40 ± 0,14 y de viscosidad(6°C)=313400±4255cp; viscosidad(25°C)=301550±412cp; viscosidad(40°C)=291100±1208cp; viscosidad(50°C)=248425 ± 32850cp; finalmente la variabilidad de la prueba de estabilidad para pH fue de 2,06 y para viscosidad 3,78 lo que indica que no hay diferencias estadísticamente significativas entre los valores de pH y viscosidad entre las diferentes temperaturas, de igual forma a 40 °C el producto capilar mantuvo sus propiedades físicas y químicas durante el estudio de estabilidad, mostrando eficacia en la reparación y fortalecimiento del cabello.

Palabras clave: Quinua; Romero, Ultrasonido, Extractos etanolicos, Mascarilla

EVALUATION OF THE EFFECTS OF TANNINS FROM QUINOA EXTRACT (CHENOPODIUM QUINOA) AND ROSMARINIC ACID FROM ROSEMARY EXTRACT (SALVIA ROSMARINUS) IN A HAIR MASK FOR THE REPAIR AND STRENGTHENING OF THE HAIR STRAND.

ABSTRACT

This research aims to evaluate the effects of polyphenols extracted from quinoa and rosemary in a hair mask intended for hair repair and strengthening. The main motivation lies in the need to find natural and less toxic alternatives to conventional hair products, which often contain chemicals harmful to health and the environment. Ethanolic extracts were obtained from quinoa and rosemary through maceration and ultrasound-assisted technique, subsequently a hair mask was formulated and its initial physicochemical properties were evaluated, initially obtaining the following results: pH = 4.5 ± 0.01, viscosity = 301200 ± 6 cp. and organoleptic (herbal smell, beige color, soft, consistent and lump-free texture), results compliant compared to the standard (see Table 2); After

stability testing, the following average final results were obtained over a period of 4 weeks: pH (6 ° C) = 4.70 ± 0.18; pH (25 ° C) = 4.5 ± 0.00; pH (40 ° C) = 4.43 ± 0.05; pH (50 ° C) = 4.40 ± 0.14 and viscosity (6 ° C) = 313400 ± 4255 cp; viscosity (25 ° C) = 301550 ± 412 cp; viscosity (40 ° C) = 291100 ± 1208 cp; viscosity (50 ° C) = 248425 ± 32850 cp; Finally, the variability in the stability test for pH was 2.06 and for viscosity 3.78, indicating that there are no statistically significant differences in pH and viscosity values across the different temperatures. Likewise, at 40 °C, the hair product maintained its physical and chemical properties throughout the stability study, demonstrating effectiveness in hair repair and strengthening.

Keywords: Polyphenols; Quinoa; Rosemary; Ultrasound; Ethanollic Extracts; Stability; Hair Mask.

1. INTRODUCCIÓN

La industria cosmética capilar ha experimentado una transformación significativa en las últimas décadas, generando un crecimiento anual del 7% en los últimos 20 años[1], por lo que se ha impulsado el desarrollo de nuevas tendencias orientadas hacia un enfoque estético más consciente, centrado en el bienestar integral y en la implementación de formulaciones limpias, este cambio responde, en parte, a la creciente preocupación global por los efectos adversos asociados al uso prolongado de productos químicos tradicionales, cuyas formulaciones incluyen compuestos químicos potencialmente nocivos para la salud humana y el medio ambiente[2], tal como los relajantes químicos (formaldehído, hidróxido de sodio, laurilsulfato de sodio, etilenglicol, formalina) los cuales al ser aplicados sobre el cabello generan un efecto desrizante en contacto térmico, que puede derivar en enfermedades del sistema nervioso, respiratorio, dérmico, alérgico y carcinogénico[3,4]. En el estudio de Khoshakhlagh et al. (2024) [5] se confirma que el formaldehído (FA) ha sido clasificado por la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) como carcinógeno del Grupo 1. Se ha demostrado un nexo entre exposiciones superiores a 2 ppm y la aparición de cáncer nasofaríngeo en estudios con animales (ratas), además de otros efectos adversos como irritación ocular. De igual forma en el capítulo “Hair Straightening and Hair Dyes: Facts and Controversies” del libro Hair and Scalp Treatments (Springer), se detalla que los alisadores químicos a base de hidróxido de sodio (relajantes tipo lye) tienen un pH elevado (9.0–14.0), lo que provoca la apertura de la cutícula capilar y la ruptura de enlaces de sulfuro.[6] Aunque son efectivos para alisar el cabello, pueden causar irritación del cuero cabelludo, quemaduras químicas y daño estructural (afectando la cutícula, la corteza y la médula capilar) alterando la queratina del cabello desencadenando en la pérdida de la elasticidad capilar y rotura de la hebra.[7]

En respuesta a estos riesgos, ha emergido una tendencia hacia el uso de ingredientes naturales y biocompatibles con el ser humano, como los extractos botánicos, aceites esenciales y péptidos derivados de plantas.[8] Estos compuestos han demostrado poseer propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y promotoras del crecimiento capilar, conforme a la investigación desarrollada por Murata et al, 2013. para estudios in vitro e in vivo. En el primer estudio (in vitro) el ingrediente evaluado fue el polifenol Ácido rosmarínico (en hojas de romero) y como resultado se ha obtenido la Inhibición de la enzima 5 α -reductasa (disminución del folículo piloso), el aumento de β -catenina (proteína que estimula el desarrollo de folículos pilosos) y la reducción de citocinas inflamatorias (proteínas responsable de la inflamación) lo que respalda una respuesta biocompatible con la hebra capilar lo que los posiciona a este compuesto como alternativa prometedora en el desarrollo de formulaciones dermocosméticas seguras y eficaces.[9] En el segundo estudio (in vivo) la evaluación realizada a partir del polifenol del Extracto de romero (ácido rosmarínico) en ratones derivó en el crecimiento capilar en un periodo de 16 días, inhibiendo DHT(dihidrotestosterona) y TGF- β (factor de crecimiento transformante beta).[9] Lo que termina de confirmar su que el planteamiento inicial de Murata et al, 2013. Presenta un menor impacto en la salud posicionando los extractos como alternativas prometedoras en la industria cosmética[10]

Dentro de este contexto, la quinua (*Chenopodium quinoa*) y el romero (*Salvia rosmarinus*) han captado la atención de la comunidad científica y de la industria cosmética por su riqueza en compuestos bioactivos. Estudios recientes han utilizado el aceite esencial del romero (*Salvia rosmarinus*) en la formulación de productos cosméticos capilares debido a sus propiedades terapéuticas en el tratamiento de la alopecia, en consecuencia, con la investigación realizada por Dalmagro et al.2025 en el que desarrolló un sistema de liberación tópica (aerosol

formador de película Film Forming Spray FFS a base de aceite esencial de romero al 1%) que mejora la densidad capilar mediante una absorción localizada, el aceite de romero fue caracterizado mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS), identificando compuestos bioactivos como α -pineno, 1,8-cineol, verbenona y geraniol. Las formulaciones mostraron propiedades fisicoquímicas estables, buena adhesividad, transparencia y pH compatible con la piel. En un ensayo clínico de 16 semanas, el FFS con romero demostró eficacia comparable a la finasterida (estándar farmacológico para inhibir la 5α -reductasa) en la restauración de la densidad capilar, sin penetración cutánea ni efectos adversos. El estudio concluye que el romero posee un perfil terapéutico seguro y efectivo, con potencial para aplicaciones tópicas en productos capilares. [11] Por otra parte la quinua (*Chenopodium quinoa*) es una semilla caracterizada por su elevado contenido de compuestos bioactivos como polifenoles, flavonoides y taninos, los cuales confieren propiedades antioxidantes, tensioactivas y antiinflamatorias. Estas características han motivado su inclusión en investigaciones orientadas al desarrollo de formulaciones cosméticas innovadoras, particularmente champús, conforme al estudio realizado por Bezerra, KGO et al 2023, los extractos de quinua demostraron una excelente estabilidad térmica y de pH, así como propiedades antioxidantes y nula toxicidad en pruebas de irritación ocular [12]. El artículo realiza una evaluación detallada del **potencial de irritación ocular** de extractos vegetales utilizados como surfactantes en formulaciones de champú, mediante el ensayo **HET-CAM (Hen's Egg Test on the Chorioallantoic Membrane)** se determinó el potencial irritante de los extractos vegetales de *Chenopodium quinoa*, *Glycine max* y *Malpighia emarginata* en una membrana biológica que simula el ojo humano, se observó durante 300 segundos signos de hemorragia, Lisis y coagulación, como resultado C. quinoa mostró ausencia total de irritación, lo que lo posiciona como un surfactante vegetal seguro para formulaciones cosméticas a diferencia del laurilsulfato de sodio, el *Glycine max* y *Malpighia emarginata* [13] Su incorporación como surfactante primario permitió reducir significativamente la tensión superficial e interfacial de las formulaciones, mejorando la capacidad de limpieza y humectabilidad del producto. Además, las formulaciones con quinua mostraron un rendimiento comparable o superior al de champús comerciales, posicionando a este ingrediente como una alternativa sostenible y eficaz frente a los tensioactivos sintéticos en cosmética capilar. [13]

Estudios recientes han demostrado que la extracción de estos compuestos puede optimizarse mediante técnicas como la maceración asistida por ultrasonido, utilizando solventes hidroalcohólicos y controlando parámetros como la temperatura, la relación líquida/sólido y la concentración de etanol. Por su parte, el romero es una planta aromática ampliamente utilizada en la medicina tradicional, cuyo principal compuesto activo, es el ácido rosmarínico, el cual ha mostrado efectos positivos en la estimulación del crecimiento capilar y la protección contra el estrés oxidativo [3,14]

En este contexto, se plantea la formulación de una mascarilla capilar a base de polifenoles extraídos de la quinua (*Chenopodium quinoa*) y del romero (*Salvia rosmarinus*), con el propósito de evaluar su eficacia en la reparación, disminución de la porosidad, el brillo, la suavidad y la resistencia del cabello, sin comprometer la salud del cuero cabelludo. [15]. Estos compuestos han demostrado tener propiedades antioxidantes, antiinflamatorias, hidratantes y desrizantes [16]. La ausencia de productos capilares que combinen ingredientes naturales con eficacia comprobada en la restauración estructural del cabello representa una brecha en el mercado cosmético actual [17]. Por tanto, surge la necesidad de responder a la siguiente pregunta de investigación: ¿Es efectiva la formulación capilar propuesta a base de polifenoles provenientes de la semilla de quinua y del romero para restaurar y fortalecer la hebra capilar? La relevancia de este estudio se manifiesta desde el ámbito académico, contribuye al desarrollo de formulaciones cosméticas basadas en principios activos naturales, fortaleciendo la investigación en química farmacéutica y dermocosmética. En el plano social, promueve el uso de ingredientes seguros, reduciendo el riesgo de reacciones adversas en los consumidores [18]. Económicamente, fomenta el aprovechamiento de plantas nativas como la quinua y naturalizadas como el romero en Colombia generando oportunidades para productores locales. Científicamente, aporta evidencia sobre los efectos de polifenoles en la estructura capilar mediante estudios in vitro e in vivo. Tecnológicamente, emplea técnicas de extracción asistida por ultrasonido, consideradas eficientes y sostenibles. Ambientalmente, reduce el uso de químicos nocivos, promoviendo prácticas agrícolas responsables y desde una perspectiva cultural, revaloriza el uso de plantas con propiedades farmacológicas en la cosmética moderna [19].

Para ello, se propone obtener extractos etanólicos de quinua y romero mediante extracción asistida por ultrasonido, formular una mascarilla capilar incorporando los extractos obtenidos, evaluar sus propiedades

fisicoquímicas, organolépticas y de estabilidad, y determinar su desempeño mediante pruebas capilográficas y sensoriales en panelistas [20].

La metodología empleada será de enfoque mixto. En la fase cuantitativa se realizará la determinación de polifenoles totales mediante el método de Folin-Ciocalteu [21], se evaluará el pH, la viscosidad, la estabilidad acelerada bajo condiciones controladas [22,23], y se aplicará análisis estadístico (ANOVA) para validar diferencias significativas [24]. En la fase cualitativa se llevarán a cabo pruebas organolépticas (olor, color, textura), evaluación sensorial mediante percepción del consumidor y estudio capilográfico para observar cambios en la porosidad y estructura de la hebra capilar [25]. Esta investigación se alinea con las tendencias actuales hacia una cosmética más consciente, segura y sostenible, y busca aportar soluciones innovadoras basadas en el uso responsable de recursos naturales [26].

2. MATERIALES Y METODOS

Recolección y Tratamiento del Material Vegetal

Las hojas del romero (*Salvia rosmarinus*) y la semilla de quinua (*Chenopodium quinua*) fueron adquiridos en un almacén de cadena (Alkosto) en Santiago de Cali. Las hojas de romero, que contienen la mayor cantidad de compuestos fenólicos (ver tabla 1), fueron separadas del tallo [27]. La quinua fue sometida a un proceso de desaponificación por vía húmeda el cual se detalla a continuación:

- Lavado repetido del grano: Se frota manualmente la quinua con agua, lo que permite desprender las saponinas que se encuentran principalmente en la capa externa del grano (episperma). [27].
- Uso de agua tibia: En este caso, se empleó agua a una temperatura de 30 °C para la eliminación de las saponinas, este proceso se repitió varias veces y se cambió el agua para asegurar que las saponinas se eliminen completamente. [27].
- Secado posterior: Una vez lavada la quinua, se secó adecuadamente para evitar el deterioro microbiológico. [27].

Tabla 1. Determinación de compuestos fenólicos en diferentes estudios [28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35].:

Grupo	Compuesto	Resultados	Fuente científica
Ácidos fenólicos	Ácido rosmarínico	3.0–4.5%	Lešnik, S., et al. (2021). Rosemary (<i>Rosmarinus officinalis</i> L.): Extraction techniques, analytical methods and health-promoting biological effects. <i>Phytochemistry Reviews</i> , 20, 1273–1328
		5.0–8.0%	España, Turquía, Brasil (Rodríguez Rojo et al., 2012; Bernardes et al., 2010)
Diterpenos fenólicos	Ácido carnósico	1.5–2.5%	Soltanabad, M. H., et al (2020). Carnosic acid content increased by silver nanoparticle treatment in rosemary (<i>Rosmarinus officinalis</i> L.). <i>Applied Biochemistry and Biotechnology</i> , 191(2), 482–495.
		30.0%	Romero de Argentina (Romano et al., 2009) Principal componente antioxidante; sensible a temperatura y estrés ambiental
Diterpenos fenólicos	Carnosol	0.2–0.4%	de Oliveira, M. R. et al (2016). The dietary components carnosic acid and carnosol as neuroprotective agents: A mechanistic view. <i>Molecular Neurobiology</i> , 53(9), 6155–6168
		16.0%	Romero de Argentina (Romano et al., 2009) Principal componente antioxidante; sensible a temperatura y estrés ambiental
Flavonoides	Flavonoides totales	34.72 ± 2.13 mg/g RUTE	Kabubii, Z. N., et al. (2023). Evaluation of seasonal variation, effect of extraction solvent on phytochemicals and antioxidant activity on <i>Rosmarinus officinalis</i> grown in different agro-ecological zones of Kiambu County, Kenya.
Taninos	Taninos condensados	15.02 ± 1.25 mg/g TAE	
Polifenoles totales	Polifenoles totales	39.71 ± 6.77 mg/g GAE	

Secado del Material Vegetal

Las muestras de romero y quinua se colocaron en bandejas metálicas forradas con papel Kraft y se secaron en un horno Binder a 40°C durante 48 horas para evitar el deterioro por microorganismos [36].

Molienda

Las muestras se molieron por separado utilizando una licuadora Oster. La reducción del tamaño de partícula aumenta la superficie de contacto con el disolvente, mejorando la velocidad de transferencia de masa. Se utilizó un tamiz de malla 20 para obtener partículas entre 0.2 y 0.8 mm, para mejorar el proceso de extracción de los compuestos poli-fenólicos [37].

Preparación de la Muestra

Romero: Se pesaron 111 g de muestra seca y molida, y se maceraron con 804 mL de solvente etanol-agua (70:30) con agitación constante en baño maría durante 40 minutos a 70°C [38].

Quinua: Se pesaron 500 g de muestra seca y molida, y se maceraron con 1500 mL de solvente etanol-agua (50:50) con agitación constante en un agitador rotativo durante 10 minutos a 80°C [39].

Obtención de Extractos

Romero: La muestra macerada obtenida en el ítem anterior (preparación de la muestra), se mezcló con el solvente en una proporción muestra-solvente 1:7 y se sometió a ultrasonido (Elma ultrasonic esteam ultraclean) durante 20 minutos a una frecuencia de 20 kHz y una temperatura de 40°C. El sobrenadante se filtró al vacío utilizando un embudo Buchner [40].

Quinua: La muestra macerada se sometió a ultrasonido durante 30 minutos a una frecuencia de 20 kHz y una temperatura de 40°C. El sobrenadante se filtró al vacío utilizando un embudo Buchner y se transfirió a un recipiente ámbar para protegerlo de la luz [41].

Identificación de Polifenoles Totales

Método cualitativo:

Romero: Se mezclaron 250 µL de muestra con 5,0 mL del reactivo Folin-Ciocalteu y 15 mL de solución de carbonato de sodio 2,0M y aforar a 100 mL con agua destilada. La prueba es positiva si la mezcla adquiere una tonalidad azul. [42].

Quinua: Se adicionaron 6 gotas de cloruro férrico (III) al 5 %P/V en etanol, a 1 mL del extracto etanólico acuoso de quinua. La prueba es positiva si la mezcla presenta un cambio de color de verde oscura o negro [14]. ver imagen 1.

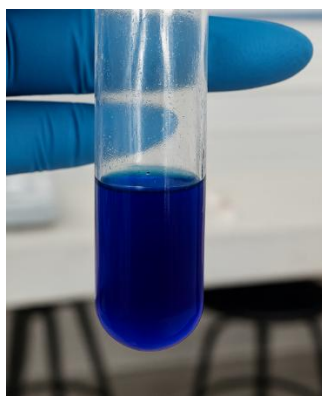


Imagen 1. Determinación cualitativa de polifenoles en romero (tubo de ensayo con solución azul) y Quinua (probeta con muestra verde)

El criterio para proceder con la cuantificación de compuestos fenólicos mediante el método de Folin-Ciocalteu se fundamenta en la obtención de un resultado positivo en la prueba cualitativa. La aparición de una tonalidad azul en el extracto de romero y de un color verde oscuro o negro en el extracto de quinua confirma la presencia de

compuestos fenólicos. Esta evidencia justifica la aplicación del método cuantitativo, utilizando una curva de calibración con ácido gálico, con el objetivo de determinar la concentración de polifenoles totales expresada en mg equivalentes de ácido gálico por 100 g de muestra. Esta información es esencial para el desarrollo de productos con contenido de compuestos bioactivos. [43].

Método cuantitativo:

Se preparó una solución madre de ácido gálico (250 ppm) pesando 25 mg de ácido gálico en 100 mL de agua destilada. A partir de la solución madre se prepararon 5 disoluciones para obtener concentraciones de 0, 20, 30, 40, 50 ppm para la curva de calibración, a cada balón se adicionó (0.1, 0.2, 0.4, 0.8, 1.6) mL de reactivo Folin-Ciocalteu y carbonato de sodio, se enrasó con agua destilada (ver tabla 3). Se seleccionó una longitud de onda de 760 nm para cuantificar los polifenoles totales después de incubar a temperatura ambiente y en oscuridad durante 30 minutos [40,42].

Formulación de la Mascarilla Capilar

Se utilizó una formulación base descrita por Ovando Lopez (2016) [44]. y se reestructuró para incluir ingredientes naturales ver tabla 2. Las materias primas se dividieron en dos fases:

Fase A: Agua, sulfito de sodio, cloruro de behentrimonio, proteína de trigo hidrolizada.

Fase B: Alcohol cetearílico, cera de candelilla, amodimeticona, éster cetílico, alcohol isopropílico, glicerina, fenoxietanol, trideceth-6, linalool, ácido láctico, hexil cinamal, di gluconato de clorhexidina, cloruro de centrimonio, limoneno, extracto de romero, extracto de quinua, colorante amarillo 5, perfume [44].

Tabla 2. Formula de una mascarilla capilar

Materias primas	FASE DE LAS MATERIAS PRIMAS	Proporción (%)	MP para 250g	Función
Agua	FASE A	50	125,0	Solvente
Cetearyl alcohol	FASE B	5	12,5	co-emulsionante no iónico usado como emoliente para aumentar la viscosidad y dar consistencia
Cloruro de bentrmonio	FASE A	2	5,0	Antiestático, acondicionador para el cabello, conservador
Cera candelilla wax	FASE B	1	2,5	emoliente, estabilizador de emulsiones y agente acondicionador de cabello
Amodimethicone	FASE B	2	5,0	Silicona antiestática y acondicionador para el cabello
Cetyl Ester	FASE B	1	2,5	Emoliente
Alcohol Isopropilico	FASE B	2,1	5,3	Antiespumante, solvente y agente de control de viscosidad
Glicerina	FASE B	1	2,5	Emoliente
Fenoxietanol	FASE B	2	5,0	Conservante
Trideceth-6	FASE B	3	7,5	Agente emulsionante y tensioactivo
Linalool	FASE B	0,1	0,25	Aromático

Acido Lactico	FASE B	1	2,5	Hidratante y fortalecedor de la hebra capilar
Hexyl Cinnamal	FASE B	1	2,5	Agente perfumante, fijador de fragancia
Digluconato de clorexidina	FASE B	0,3	0,8	Antiséptico
Cloruro de centrimonio	FASE B	2	5,0	Agente acondicionador
Limoneno	FASE B	0,1	0,3	Aromatizante o fragancia
<i>Salvia Rosmarinus</i>	FASE B	10	25,0	Antioxidante, fortalecedor de la hebra capilar
<i>Chenopodium Quinoa</i>	FASE B	10	25,0	Desrizante
Sulfito de sodio	FASE A	4	10,0	Antioxidante, Agente Curling o alisado, conservador,
Hidroxiopropiltrimonio de proteína de trigo hidrolizada	FASE A	2	5,0	Antiestático, acondicionador del cabello
CL19140/YELLOW5	FASE B	0,1	0,3	Colorante
Perfume	FASE B	0,3	0,8	Aromatizante
Mascarilla Capilar Resultados esperados	Olor Herbal	Color Amarillo	Textura Ligeramente cremosa	

- **Materias primas de la fase A**

Se disolvió las siguientes materias primas correspondientes a la fase A:

- 1- Se pesó 125 gramos de agua en un beacker
- 2- Se calentó el agua a una temperatura entre 80 - 90 °C. Se controló la temperatura con un termómetro
- 3- Se pesó 10 gramos de sulfito de sodio, 5 gramos de Cloruro de behentrimonio, 5 gramos de Hydroxypropyltrimonium hydrolyzed wheat protein y se disolvieron en los 125 gramos de agua cuando esta llegó a 80°C.
- 4- Se logró la homogenización durante la agitación en un lapso de tiempo de 15 a 25 minutos, conservando el rango de temperatura anteriormente mencionada. Transcurrido este tiempo se eliminó la transferencia del calor y se continuó la agitación de manera constante.

- **Materias primas de la fase B**

Se pesaron las materias primas correspondientes a la fase B en un vidrio reloj cada una por separado y se adicionaron en un recipiente, se calentaron hasta disolución en un rango de temperatura entre 60°C-70°C hasta obtener una solución homogénea.

- 5- Se pesó 12,5 gramos de Cetearyl alcohol
- 6- Se pesó 2,5 gramos de Cera candelilla wax
- 7- Se pesó 5 gramos de Amodimethicone
- 8- Se pesó 2,5 gramos de Cetyl Ester

- 9- Se pesó 5,3 gramos Isopropyl Alcohol
- 10- Se pesó 2,5 gramos Glycerin
- 11- Se pesó 5,0 gramos de Phenoxyethanol
- 12- Se pesó 7,5 gramos de Trideceth-6
- 13- Se pesó 0,25 gramos de Linalool
- 14- Se pesó 2,5 gramos Lactic Acid
- 15- Se pesó 2,5 gramos Hexyl Cinnamal
- 16- Se pesó 0,8 gramos Chlorhexidine Digluconate
- 17- Se pesó 5,0 gramos Cetrimonium Chloride
- 18- Se pesó 0,3 gramos de Limonene
- 19- Se pesó 25 gramos de **Salvia Rosmarinus**
- 20- Se pesó 25 gramos de **Chenopodium Quinoa**
- 21- Se pesó 0,3 gramos de CL19140/YELLOW5
- 22- Se pesó 0,8 gramos de Parfume

La fase B se incorporó gradualmente en la fase A bajo condiciones de agitación constante durante un período de 25 minutos, asegurando una adecuada dispersión y estabilidad del sistema hasta alcanzar la formación de una emulsión homogénea.

Evaluación del Producto

Controles organolépticos: Se evaluó el olor, color y textura de la mascarilla [45 46].

Controles fisicoquímicos: Se midió el pH con un pH-metro HANNA [47]. y la viscosidad con un viscosímetro Brookfield RVT aguja RV #1 a 10 rpm [47, 48, 49], ver tabla 4.

1. Olor (Evaluación Olfativa):

El producto capilar preparado anteriormente se vertió en un beacker de 50 mL y se evaluó de forma sensorial el aroma del producto en comparación con la fragancia y se determinó si las notas percibidas eran herbales, cítricas o florales. El aroma característico del producto: Debe coincidir con el perfil definido en la ficha técnica. Debe haber ausencia de olores extraños: No debe presentar notas rancias, químicas o desagradables. Finalmente, la persistencia del olor: debe mantenerse estable durante y después de la aplicación [45 46].

2. Color (Evaluación Visual):

El producto capilar preparado anteriormente se vertió en un beacker de 50 mL y se evaluó de forma sensorial el color del producto en cabina de flujo laminar y se comparó con la información reportada en la ficha técnica del colorante, evaluando la uniformidad: Debe ser homogéneo, sin separación de fases ni partículas. Concordancia con especificación: Debe coincidir con el color esperado en el desarrollo del producto. Estabilidad: No debe presentar cambios de color durante el almacenamiento. [45 46].

3. Textura (Evaluación Táctil y Visual):

El producto capilar preparado anteriormente se vertió en un beacker de 50 mL y se evaluó de forma sensorial la consistencia y sensación al tacto del producto la cual se comparó con la textura esperada en el desarrollo del producto. Consistencia adecuada: Ni demasiado líquida ni excesivamente espesa. Sensación al tacto: Debe ser suave, uniforme y no pegajosa. Aplicabilidad: Debe extenderse fácilmente sobre la piel o cabello, sin dejar residuos. [45 46].

4. Controles fisicoquímicos: El producto capilar preparado anteriormente se vertió en un beacker de 50 mL y se determinó el pH introduciendo el electrodo del potenciómetro del pH-metro marca HANNA, asegurando que el electrodo quedará completamente sumergido sin tocar el fondo ni las paredes del beacker, se esperó a que el valor se estabilizara y luego se registró el dato. [47].

5. Viscosidad

El producto capilar preparado anteriormente se vertió en un beacker de 500 mL, se prendió el equipo, se ajustó en el panel las revoluciones por minuto (10RPM), se escogió el número de la aguja a emplear (RV #1), la cual se introdujo en la muestra asegurando que estuviera centrada y sumergida completamente, sin tocar el fondo ni las

wparedes del beacker y inicio el proceso de medida esperando a que el valor de la viscosidad de estabilizará en la pantalla y finalmente se registró el valor en Cp, se repitió este proceso por triplicado. [48].

Prueba de estabilidad

Se evaluaron las características sensoriales y fisicoquímicas del producto durante 4 semanas a diferentes temperaturas (6°C, 25°C, 40°C, 50°C) [49].

El propósito del estudio es evaluar el desempeño funcional de la mascarilla capilar formulada con extractos de quinua (*Chenopodium quinoa*) y romero (*Rosmarinus officinalis*). La investigación busca establecer una relación entre los efectos observables sobre la fibra capilar y respaldar los resultados obtenidos en las pruebas de estabilidad, mediante la medición de parámetros fisicoquímicos (pH, viscosidad), sensoriales (textura, olor) y de eficacia cosmética (brillo, suavidad, reducción del frizz). La metodología empleada se fundamenta en literatura científica actualizada que confirma la selección de los métodos analíticos y los criterios de evaluación.

Prueba de desempeño

Se evaluó el desempeño del producto capilar en tres panelistas durante un periodo de cuatro semanas, mediante pruebas de percepción sensorial enfocadas en la detección de irritación, facilidad de peinado y suavidad del cabello [50], complementadas con un análisis capilográfico mediante microscopía para determinar el nivel de porosidad. Inicialmente, se caracterizó la hebra capilar en sus condiciones basales, posicionando el lente del equipo sobre la raíz, el tercio medio y la punta del cabello para observar el estado estructural de la cutícula, correspondiente a las capas más externas [51]. Posteriormente, los panelistas realizaron un lavado estandarizado con shampoo seguido de un enjuague con agua destilada, tras lo cual se procedió a la ejecución de las pruebas:

- **Prueba de suavidad y facilidad de peinado**

Los tres panelistas aplicaron la mascarilla capilar desde medios hasta puntas, manteniéndola en contacto con la fibra capilar durante 20 minutos; posteriormente, se realizó un enjuague con agua destilada, seguido de secado y peinado. Durante este proceso, se evaluó la presencia de nudos y la percepción del panelista respecto a la facilidad y suavidad en el desenredo del cabello, antes y después de la aplicación del tratamiento, con el fin de determinar el impacto funcional del producto en la hebra capilar [52].

- **Prueba de porosidad**

pasada 24 horas se cortó un mechón de cabello de 5 cm los cuales se sumergieron en vasos diferentes con agua destilada, primero se sumergió 1 cm de la punta del mechón a temperatura ambiente, inició el cronómetro al momento de la inmersión y se registró la altura alcanzada por el agua en la fibra capilar cada 60 segundos durante 5 minutos. [50].

Se determinó la velocidad de absorción (mm/sg) mediante la siguiente fórmula:

$$V= h/t$$

v= Velocidad

h= altura alcanzada por el agua en mm

t= tiempo en segundos

Se comparó la velocidad de absorción entre los 3 panelistas para determinar los cambios en la porosidad, contando con los respectivo consentimientos informados para esta prueba.

- **Prueba de irritación**

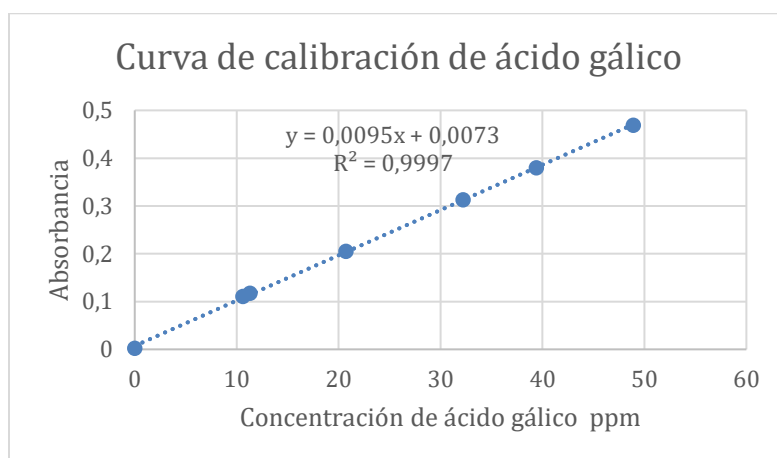
En un apósito se agregó 100µL de la mascarilla capilar y se colocó en contacto con la piel del antebrazo de los 3 panelistas durante 24 horas, la evaluación se realizó visualmente después de que el apósito fue removido, los parámetros verificados fueron eritema, prurito y vesículas. [53, 54]

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La formulación de la mascarilla capilar fabricada a base de extractos etanólicos de *Salvia rosmarinus* (romero) y *Chenopodium quinua* (quinua) permitió evaluar el impacto funcional de los polifenoles sobre la estructura capilar. Mediante el método de Folin-Ciocalteu, se determinó que la concentración de compuestos poli fenólicos mediante una curva de calibración ver grafica 1. Los resultados obtenidos fueron de 136 mg equivalentes de ácido gálico por 100 g de muestra seca en el extracto de romero, y 138 mg equivalentes de ácido gálico por 100 g de muestra seca en el extracto de quinua, valores que se encuentran dentro del rango reportado en la literatura científica ver tabla 4 y 5. Estos metabolitos bioactivos, conocidos por sus propiedades antioxidantes, reparadoras e hidratantes, fueron incorporados en la formulación capilar y sometidos a pruebas fisicoquímicas, sensoriales y capilográficas. Los resultados obtenidos evidencian una mejora progresiva en la porosidad capilar, el brillo, la suavidad y la facilidad de peinado, así como una buena tolerancia dérmica, lo que sugiere una acción sinérgica de los polifenoles en la restauración estructural de la hebra capilar. [55]

Tabla N°3. Prueba de Folin-ciocalteu, datos de curva de calibración de ácido gálico versus concentraciones de los estándares y muestra (romero – quinua)

V(mL) s/n madre ácido gálico	Concentración teórica (ppm)	V (mL) Folin-Ciocalteu	V (mL) Carbonato de sodio	Balón (mL)	Absorbancias promediadas	Concentración real (ppm)
0 (blanco)	0 (blanco)	0,1	0,1	10	0,002	0,0
0,8	20	0,2	0,2	10	0,2052	20,8
1,2	30	0,4	0,4	10	0,3125	32,1
4	40	0,8	0,8	10	0,3798	39,2
5	50	1,6	1,6	10	0,4689	48,6
Muestra Romero	N/A	N/A	N/A	N/A	0,4556	11,6
Muestra Quinua	N/A	N/A	N/A	N/A	0,4450	10,9



Gráfica 1. Curva de calibración de ácido gálico

La curva de calibración mostró una buena linealidad, lo que indica que el método es adecuado para cuantificar los polifenoles en las muestras. Las concentraciones de polifenoles en las muestras de romero y quinua son relativamente similares, lo que sugiere que ambos extractos tienen una cantidad comparable de compuestos fenólicos.

Muestra Romero: Absorbancia = 0.4546

Concentración: = 47 ppm

El valor 100 mL /250µl corresponde al factor de dilución
El valor de 804.000 µl corresponde al volumen total de solvente
El valor 111 gramos corresponde al peso de la muestra seca

En el presente estudio se obtuvo un contenido total de polifenoles (TPC) de 136 mg GAE/g de romero, valor que fue comparado con los resultados reportados por Nguyen et al. (2021), quienes optimizaron el proceso de extracción de polifenoles a partir de hojas secas de *Rosmarinus officinalis*, bajo condiciones ideales según el artículo citado, por lo que se alcanzó un TPC de 87.42 ± 0.25 mg GAE/g de muestra seca, equivalente a 197.28 ± 3.11 mg GAE/g de extracto seco. La diferencia entre ambos estudios puede atribuirse a variaciones en las técnicas de extracción, el número de ciclos, el tipo de solvente. No obstante, ambos resultados se encuentran dentro de rangos técnicamente viables y respaldan la coherencia del presente estudio con investigaciones previas sobre el contenido de polifenoles. [56]

Muestra Quinoa: Absorbancia = 0.4450

Concentración: =46 ppm

El valor 100 mL /100µl corresponde al factor de dilución
El valor de 1.500.000 µl corresponde al volumen total de solvente
El valor 500 gramos corresponde al peso de la muestra seca

En el presente estudio se obtuvo un contenido total de polifenoles (TPC) de 138 mg GAE/g de quinoa, valor que fue comparado con los resultados reportados por Carrasco et al (2008), quienes realizaron la cuantificación de polifenoles en diferentes variedades andinas, de la semilla de quinoa, por lo que se alcanzó un TPC de (30,41-139,94) mg GAE/g de muestra seca, la diferencia entre ambos estudios puede atribuirse a las diferentes variedades andinas, localidad y condiciones ambientales. No obstante, ambos resultados se encuentran dentro de rangos técnicamente viables y respaldan la coherencia del presente estudio con investigaciones previas sobre el contenido de polifenoles. [57, 58]

Tabla N°4. Resultados fisicoquímicos y propiedades organolépticas de la mascarilla capilar en condiciones iniciales.

Variable	Estándar	Resultados	Estado
Color	Beige	N.A	Cumple
Olor	Herbal	Herbal	Cumple
Textura	Suave, consistente y sin grumos	Suave, consistente y sin grumos	Cumple
pH		Promedios	
Desviación estándar pH	4-6	4,51-4,49-4,50= 4,50+/- 0,01	Cumple
Viscosidad		0,0082	
Desviación estándar viscosidad	200000-450000 cP	301207-301193-301200= 301200+/-6	Cumple
		5,72	

El cumplimiento de los valores reportados en la tabla 4 y 5 se realizó comparando con ficha técnica del colorante y de la fragancia. En cuanto a la textura, pH y viscosidad el punto de comparación es basado en los resultados esperados de la formulación propuesta en la tabla 2. y en estudios citados por Robbins et al (2012), Pandey et al. (2024) Lifehuni et al (2021). [51, 52, 53]

Tabla N°5 Seguimiento de estabildades

Variable	Semana 1				Semana 2				Semana 3				Semana 4			
	6	25	40	50	6	25	40	50	6	25	40	50	6	25	40	50
Temperatura (°C)																
Color	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Olor	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Textura	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
pH	4,5	4,5	4,5	4,5	4,6	4,5	4,4	4,5	4,8	4,5	4,4	4,4	4,9	4,5	4,4	4,2
Viscosidad	308000	301200	292800	291300	312000	301200	291100	256800	316600	301800	290400	225600	317000	302000	290100	220000

La letra C es el equivalente a Cumple.

La evaluación de la estabilidad fisicoquímica de la mascarilla capilar formulada con extractos de quinua y romero se realizó conforme a los criterios establecidos en la Guía Técnica Colombiana GTC 215 para condiciones aceleradas, como temperatura elevada, variaciones organolépticas, simulación de estrés físico-químico y extrapolación de vida útil, en consecuencia si el producto mantiene estable durante 4 semanas a 40 °C, se puede proyectar una vida útil de 12 meses a temperatura ambiente (25 °C) protegido de la luz y la humedad, bajo estas condiciones el producto puede considerarse estable durante un año, siempre que se mantenga en su envase original y no se contamine durante el uso. [59,60].

En la evaluación de resultados se observó una disminución progresiva del pH (de 4.5 a 4.4) y de la viscosidad (de 292800 a 290100 cP) durante 4 semanas a 40 °C, lo que indica sensibilidad térmica del producto, no obstante la guía técnica GTC215 establece que una variación menor o igual a $\pm 0,5$ unidades se considera aceptable, en este caso el valor obtenido es de 0,1 unidades de diferencia absoluta para la variable de pH(ver anexo 2), en cuanto a la viscosidad se acepta una variación menor o igual al 10%, en este caso el resultado obtenido fue de 0,92% por tanto no hay diferencia significativa a 40 °C, adicionalmente, las características organolépticas (color, olor, textura) no presentaron alteraciones críticas, lo que confirma la estabilidad sensorial; si bien la extrapolación de vida útil a 12 meses bajo condiciones normales es técnicamente válida según la GTC 215, los cambios fisicoquímicos observados sugieren la necesidad de extender el estudio a 6 meses para confirmar la estabilidad prolongada del producto. [59,60].

Los resultados de la tabla N°5 mostraron una disminución progresiva del pH y la viscosidad con el aumento de la temperatura. El análisis estadístico (ANOVA) reveló que no hay diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) entre los valores obtenidos a diferentes temperaturas, lo que refleja que no hay pérdida de propiedades químicas bajo estas condiciones, por ende este análisis permite confirmar que los datos de temperatura no generan un efecto sobre la viscosidad y el pH, por lo que el comportamiento del producto no se ve afectado. [59,60].

Tabla N°6 Promedio y desviación estándar a partir del estudio de estabilidad

Variables	pH		Viscosidad	
	Promedio	Desviación estándar	Promedio	Desviación estándar
6 °C	4.70	0,18	313,400	4255
25 °C	4.50	0.00	301,550	412
40 °C	4,43	0.05	291,100	1208
50 °C	4,40	0.14	248,425	32850

Variabilidad (F):	2,06	3,78
F crítico	2,095	2,095
Conclusión	No Hay diferencias estadísticamente significativas en los valores de pH entre las temperaturas ($p < 0.05$).	No Hay diferencias estadísticamente significativas en la viscosidad entre las temperaturas. ($p < 0.05$).

Los datos mostraron que tanto el pH como la viscosidad de la formulación capilar no variaron significativamente con la temperatura, según el análisis ANOVA. [59]. No obstante, se pudieron apreciar pequeñas diferencias entre los datos reportados. A continuación, se explica por qué esto puede haber ocurrido, considerando las propiedades de los ingredientes naturales utilizados:

La quinua contiene taninos, flavonoides y aminoácidos esenciales, que aportan propiedades hidratantes, reparadoras y antioxidantes. Estos compuestos también pueden sufrir cambios estructurales con el calor, afectando la estabilidad coloidal del producto y, por tanto, su viscosidad. La quinua puede actuar como espesante natural, pero su comportamiento reológico puede variar con la temperatura, especialmente si se usan extractos acuosos o hidroalcohólicos como en este caso. El descenso progresivo del pH con el aumento de temperatura puede deberse a la degradación térmica de compuestos fenólicos presentes en ambos extractos, liberando ácidos orgánicos como ácido cafeico, ácido acético, ácido protocateico y ácido-p-hidroxibenzoico (ver anexo 4). [61, 62, 63, 64, 65].

La disminución de la viscosidad es coherente con la ruptura de enlaces intermoleculares en la matriz del producto, especialmente si contiene polisacáridos o proteínas vegetales sensibles al calor. Estos cambios no necesariamente indican pérdida de funcionalidad, pero sí afectan la estabilidad y percepción sensorial del producto si se confirma mediante un análisis estadístico ANOVA que hay diferencias significativas entre los valores, en este caso el análisis obtenido indica que no hay diferencias significativas para el pH y la viscosidad que nos indiquen una pérdida de estabilidad para el producto.

Para minimizar la variabilidad en la viscosidad de la formulación capilar a base de quinua y romero, se puede incorporar los siguientes ingredientes compatibles con productos capilares [66]:

Goma xantana (estabilizante):

Origen: Polisacárido natural derivado de la fermentación de azúcares.

Función: Aumenta la viscosidad, estabiliza emulsiones y suspensiones.

Compatibilidad: Excelente con extractos vegetales como quinua y romero.

Ventajas: No interfiere con la actividad de compuestos bioactivos y es bien tolerada por el cuero cabelludo. [67]:

Vitamina E (Antioxidante)

Origen: Natural, derivado de aceites vegetales.

Función: Protege los compuestos fenólicos (como el ácido rosmarínico y los flavonoides de la quinua) de la oxidación.

Compatibilidad: Muy estable en formulaciones cosméticas; no altera el pH ni la textura.

Dosis sugerida: 0.1% a 1% del total de la fórmula.

Se debe ajustar el pH final entre 4.5 y 5.5 para mantener la compatibilidad con el cuero cabelludo y la estabilidad de los extractos[68].

Adicionalmente, se recomienda implementar un estudio complementario de carácter reológico, orientado a evaluar el comportamiento de la formulación capilar y su sensibilidad frente a los distintos componentes que la integran. Para ello, se propone el análisis comparativo de cuatro sistemas modelo [69]:

- Sistema blanco: agua + conservante, sin incorporación de extractos ni excipientes.
- Sistema con extracto: agua + extracto vegetal (quinua o romero), sin excipientes.
- Sistema con excipientes: agua + materias primas funcionales, sin extractos.
- Formulación completa: agua + extracto vegetal + excipientes cosméticos.

La evaluación de estos sistemas permite:

Determinar el efecto térmico individual sobre cada componente de la formulación [69].

Identificar si la disminución de viscosidad observada se atribuye al extracto vegetal, al excipiente o a la interacción sinérgica entre ambos. [69]

Validar experimentalmente que las variaciones en parámetros fisicoquímicos (como el descenso de pH o la pérdida de viscosidad) no se deben a interferencias externas ni a errores de formulación. [69]

Justificar la incorporación de agentes estabilizantes como la goma xantana, demostrando su capacidad para reforzar la matriz reológica sin comprometer la funcionalidad de los compuestos bioactivos presentes en los extractos. [69]

PRUEBAS DE DESEMPEÑO ESTUDIO CAPILOGRAFICO

Tabla N°7 Evaluación del comportamiento de la mascarilla capilar en panelista 1 con una frecuencia de aplicación, cada 3 días (B- Bueno, R-Regular, M-Malo), escala de medición exclusivo para porosidad (B-Bajo, M-Medio, A-Alto)

DIAS	POROSIDAD (ANÁLISIS CAPILOGRÁFICO)			BRILLO			IRRITACIÓN			FACILIDAD DE PEINADO			SUAVIDAD		
	B	M	A	B	R	M	B	R	M	B	R	M	B	R	M
CONDICIÓN INICIAL		x			x			x			x			x	
1		x			x			x		x			x		
3		x			x			x		x			x		
6		x		x				x		x			x		
9	x			x			x			x			x		
12	x			x			x			x			x		
15	x			x			x			x			x		
18	x			x			x			x			x		
21	x			x			x			x			x		
24	x			x			x			x			x		
27	x			x			x			x			x		
30	x			x			x			x			x		

Tabla N° 8 Evaluación del comportamiento de la mascarilla capilar en persona 2 con una frecuencia de aplicación, cada 3 días (B- Bueno, R-Regular, M-Malo), escala de medición exclusivo para porosidad e irritación (B-Bajo, M-Medio, A-Alto).

Nota: Si el panelista no presenta irritación en las casillas se encontrará no aplica.

DIAS	POROSIDAD (ANÁLISIS CAPILOGRAFICO)			BRILLO			IRRITACIÓN			FACILIDAD DE PEINADO			SUAVIDAD		
	B	M	A	B	R	M	B	M	A	B	R	M	B	R	M
CONDICIÓN INICIAL			x			x		x			x			x	

1			x			x		x		x			x		
3			x			x		x		x			x		
6		x			x			x		x			x		
9		x			x			x		x			x		
12		x			x			x		x			x		
15		x		x				x		x			x		
18	x			x				x		x			x		
21	x			x				x		x			x		
24	x			x				x		x			x		
27	x			x				x		x			x		
30	x			x				x		x			x		

Tabla N°9 Evaluación del comportamiento de la mascarilla capilar en persona 3 con una frecuencia de aplicación, cada 3 días (B- Bueno, R-Regular, M-Malo), escala de medición exclusivo para porosidad (B-Bajo, M-Medio, A-Alto)

DIAS	POROSIDAD (ANALISIS CAPILOGRAFICO)			BRILLO			IRRITACIÓN			FACILIDAD DE PEINADO			SUAVIDAD		
	B	M	A	B	R	M	B	R	M	B	R	M	B	R	M
CONDICIÓN INICIAL		x				x		x			x			x	
1		x			x			x		x			x		
3		x			x			x		x			x		
6		x		x				x		x			x		
9	x			x			x			x			x		
12	x			x			x			x			x		
15	x			x			x			x			x		
18	x			x			x			x			x		
21	x			x			x			x			x		
24	x			x			x			x			x		
27	x			x			x			x			x		
30	x			x			x			x			x		

Panelista 1.



Panelista 2.



Panelista 3.



Imagen 2. Fotos de las condiciones iniciales del cabello en los 3 panelistas



Imagen 3. Fotos de las condiciones iniciales del cabello en el panelista 1

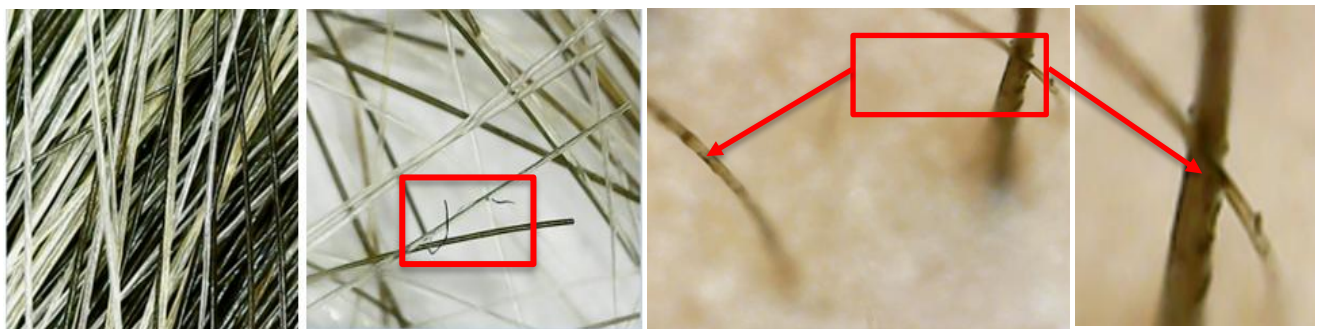


Imagen 4. Fotos de las condiciones iniciales del cabello en el panelista 2.

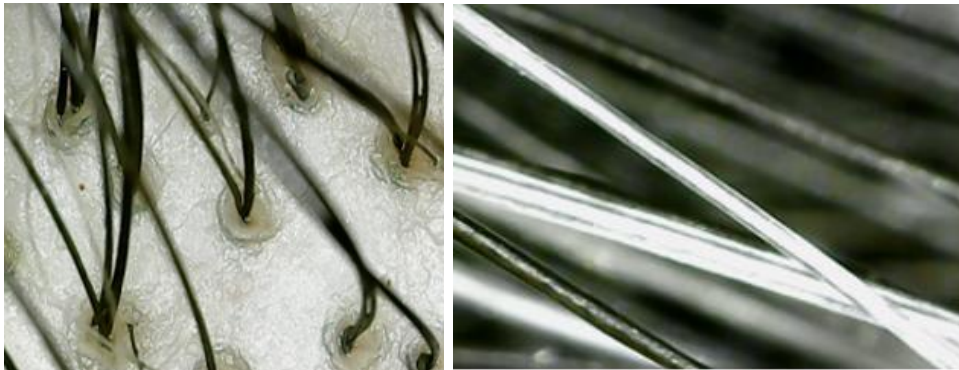


Imagen 5. Fotos de las condiciones iniciales del cabello en el panelista

El análisis morfológico reveló una apertura significativa de la cutícula en el panelista 2 (ver imagen 4), lo que indica una alta porosidad capilar (ver tabla 8) atribuida principalmente a daños térmicos y químicos. En contraste, los panelistas 1 y 3 presentaron una estructura cuticular más conservada (ver imagen 3 y 5), correspondiente a una porosidad media (ver Tabla 7 y 9). Estos hallazgos fueron corroborados mediante la prueba de absorción de agua (ver imagen 8 y 9) (ver tabla 10), la cual permite inferir el grado de apertura cuticular a través de la medición de la velocidad de absorción y la capacidad de retención hídrica de la fibra capilar. Según lo reportado por Clarence R. Robbins y Reinhard P. R. W. Peters y en el artículo generado por Olesya V. Zillich, Ute Schweiggert-Weisz y Peter Eisner, se establece como referencia que, en cabellos con porosidad baja, la absorción de agua es lenta, superando los 13 minutos para alcanzar una saturación parcial y una velocidad menor a 0,021 mm/s (ver tabla 10). Esta lentitud se debe a la compactación de la cutícula, que limita el paso del agua hacia el córtex. Aunque no existen valores numéricos estandarizados universalmente aceptados, los estudios mencionados permiten concluir que la velocidad de absorción de agua es un indicador confiable del estado estructural del cabello [70]

Para cabello con porosidad alta el agua es absorbida rápidamente al igual que los productos capilares, no obstante, el cabello pierde humedad con facilidad dejándolo seco, quebradizo, con friz y propenso a la rotura. [70]

PRUEBA DE PERCEPCION DEL CONSUMIDOR (CONDICIONES INICIALES)

Las pruebas de desempeño por percepción del consumidor son evaluaciones sensoriales y subjetivas que se utilizan para medir cómo los usuarios finales perciben ciertas cualidades de un producto cosmético, como un tratamiento capilar. [48] Estas pruebas se enfocan en atributos como brillo, suavidad, irritación y facilidad de peinado. No obstante, los resultados obtenidos a partir de la percepción de los panelistas fueron confirmados mediante la prueba de irritación donde se observó una irritación inicial media (ver tabla 7, 8, 9)

Panelista 1, 2 y 3 (ver imagen 2)

Los panelistas 1, 2 y 3 evaluaron las características sensoriales iniciales del cabello tras el uso del producto de preferencia del consumidor, calificando su desempeño como regular. Se identificó un bajo nivel de brillo, evidenciado por un aspecto opaco del cabello. La textura fue descrita como áspera al tacto, con una sensación general de esponjosidad. [54] En cuanto a la tolerancia cutánea, se reportaron molestias como picazón y enrojecimiento en el cuero cabelludo, lo que sugiere una reacción irritativa ver imagen 6. Finalmente, la facilidad de peinado fue considerada deficiente, ya que se requirió un esfuerzo significativo para el desenredado del cabello [55, 70] (ver tablas 7, 8 y 9).

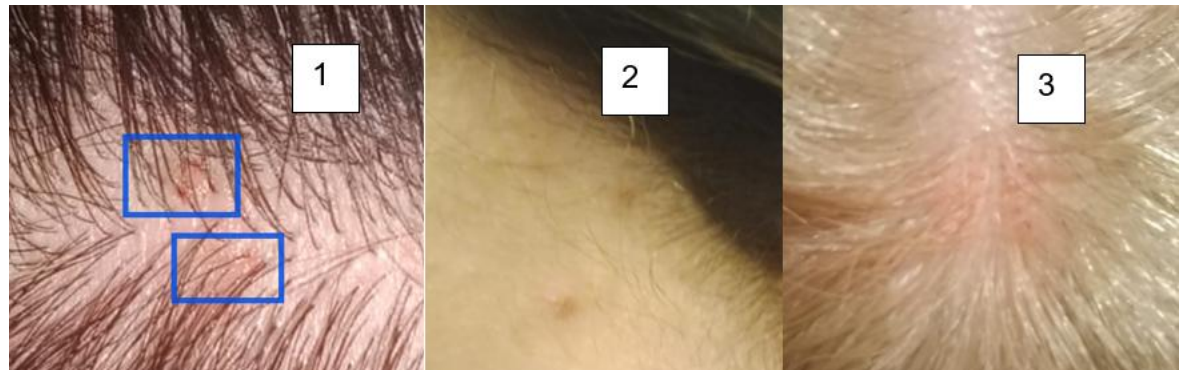


Imagen 6. Fotos de condicionales iniciales del cabello, de los panelistas 1, 2 y 3 con irritación media



Imagen 7. Muestras para la prueba de porosidad en los panelistas 1, 2 y 3

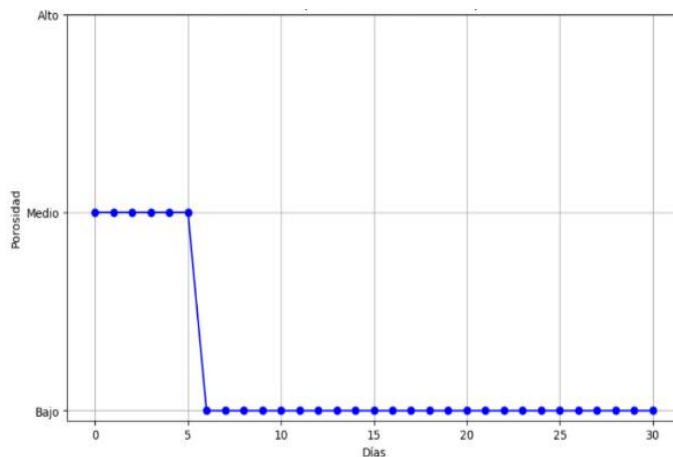


Imagen 8. Inmersión para la prueba de porosidad

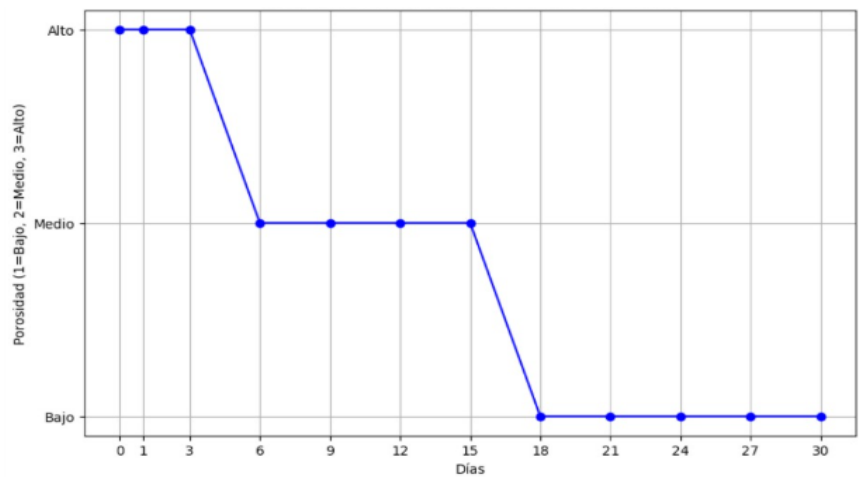
Tabla 10. La porosidad en función de la velocidad de absorción de agua mediante la fibra capilar

Panelistas	Altura(mm)(inicial)	Tiempo(s)(inicial)	V (mm/s) (inicial)	Altura(mm)(final)	Tiempo(s)(final)	V (mm/s) (final)
1	20	780	0,026	16	780	0,021
2	32	780	0,041	20	780	0,026
3	18	780	0,023	17	780	0,022

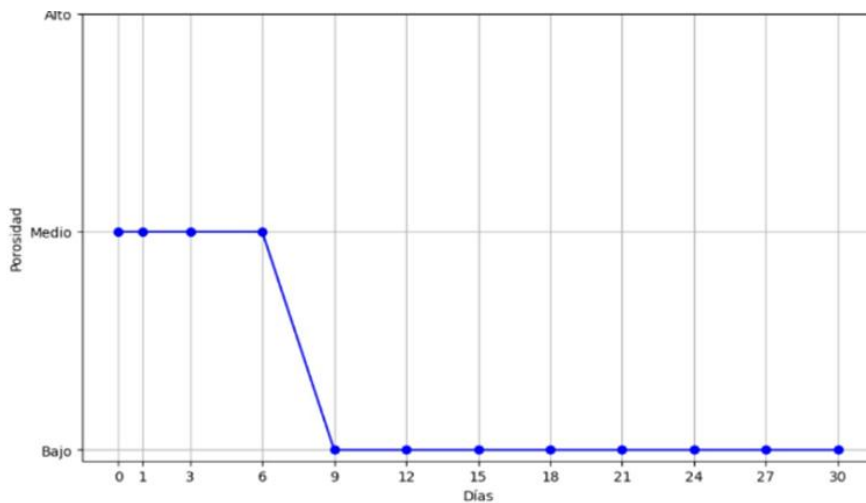
ANALISIS DE LA EVOLUCIÓN DE LA POROSIDAD



Gráfica 2. Evaluación de la porosidad del cabello del panelista 1



Gráfica 3. Evaluación de la porosidad del cabello del panelista 2



Gráfica 4. Evaluación de la porosidad del cabello del panelista 3

Panelista 1. (ver gráfica 2, imagen 7)

Día 0 (Condición inicial):

El cabello del panelista presentaba una porosidad media, lo que indica una cutícula parcialmente abierta. Esto puede deberse a daño térmico, químico o ambiental, lo que afecta la capacidad del cabello para retener humedad y nutrientes [10, 44].

Días 1 al 6:

La porosidad se mantiene en nivel medio, lo que sugiere que el tratamiento aún no ha generado un cambio estructural significativo en la fibra capilar. [10, 44].

Día 9 al 30:

Se observa una disminución sostenida a porosidad baja, lo que indica una mejora en la integridad de la cutícula. Esto sugiere que el tratamiento ha comenzado a cerrar las escamas de la cutícula, mejorando la capacidad del cabello para retener hidratación y resistir agresiones externas. [10, 44].

El contenido de polifenoles de romero y quínoa como el ácido rosmarino, carnosol, flavonoides y ácido carnósico le confieren propiedades antioxidantes que mejora la microcirculación del cuero cabelludo estimulando los folículos pilosos para la absorción del tratamiento capilar por lo que repara la fibra capilar y mejora retención de humedad [43].

Panelista 2. (ver gráfica 3, imagen 8)

Día 0 (Condición inicial):

El cabello presentaba una porosidad alta (3), lo que indica una cutícula muy abierta. Esta condición es típica de cabellos severamente dañados por procesos químicos, calor excesivo o exposición ambiental prolongada. [10, 44].

Días 3 a 6:

La porosidad se mantiene alta hasta el día 3 y luego disminuye a nivel medio (2) en el día 6. Esto sugiere una respuesta temprana al tratamiento, con una mejora en la compactación de la cutícula. [10, 44].

Días 6 a 15:

La porosidad se estabiliza en nivel medio, lo que indica que el tratamiento está ayudando a reducir la permeabilidad del cabello, mejorando su capacidad para retener humedad y nutrientes. [10, 44].

Días 18 a 30:

Se alcanza una porosidad baja (1), lo que refleja una cutícula cerrada, saludable y funcional. Esta condición es ideal para mantener la hidratación, el brillo y la resistencia del cabello. [10, 44].

El tratamiento capilar aplicado al panelista 2 muestra una mejora progresiva y sostenida en la porosidad capilar. La transición de porosidad alta a baja en 30 días sugiere una reparación estructural significativa de la fibra capilar. Estos resultados son coherentes con los efectos esperados de los polifenoles de romero y quinua, que actúan como agentes protectores y restauradores del cabello dañado.

Panelista 3. (ver gráfica 4, imagen 9)

Día 0 (Condición inicial):

El cabello del panelista presentaba una porosidad media, lo que indica una cutícula parcialmente abierta. Esta condición puede deberse a daño térmico, exposición solar o tratamientos químicos previos. [10, 44].

Días 0 a 6:

La porosidad se mantiene en nivel medio, lo que sugiere que el tratamiento aún no ha generado un cambio estructural significativo en la fibra capilar. [10, 44].

Días 9 a 30:

Se observa una disminución sostenida a porosidad baja, lo que indica una mejora en la integridad de la cutícula. Esto se traduce en un cabello más saludable, con mejor capacidad para retener humedad, menor frizz y mayor resistencia al quiebre. [10, 44].

El tratamiento capilar aplicado al panelista 3 muestra una mejora progresiva y sostenida en la porosidad capilar. La transición de porosidad media a baja en menos de 10 días sugiere una respuesta rápida y efectiva del cabello al tratamiento.

Estos resultados son coherentes con los efectos esperados de los polifenoles de romero y quinua, que actúan como agentes protectores y restauradores del cabello dañado.

PRUEBA DE PERCEPCION DEL CONSUMIDOR (CONDICIONES FINALES)



Imagen 7. Fotos de las condiciones finales del cabello en el panelista 1

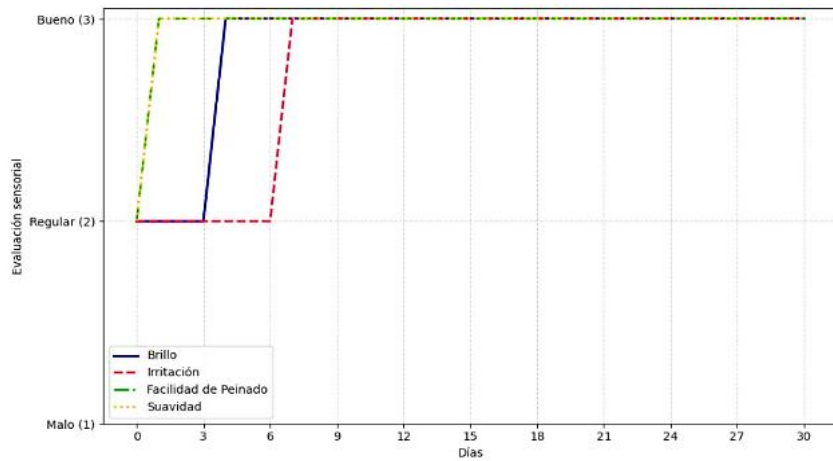


Imagen 8. Fotos de las condiciones finales del cabello en el panelista 2

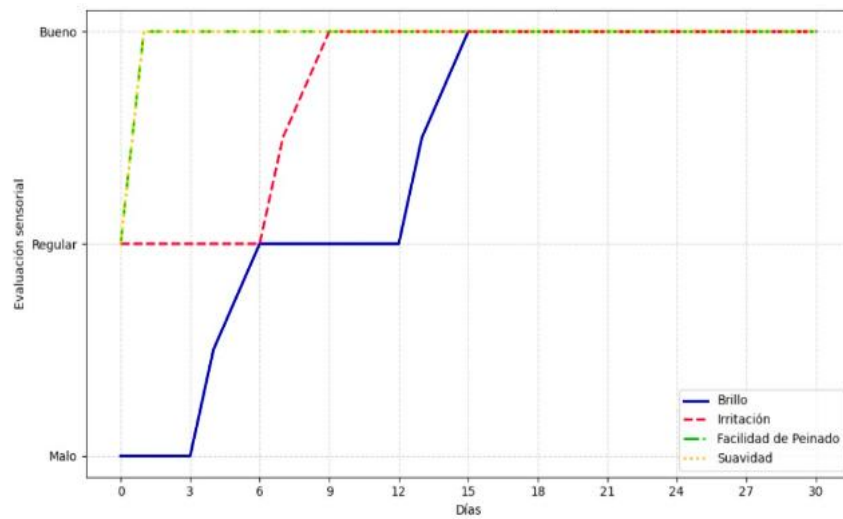


Imagen 9. Fotos de las condiciones finales del cabello en el panelista 3

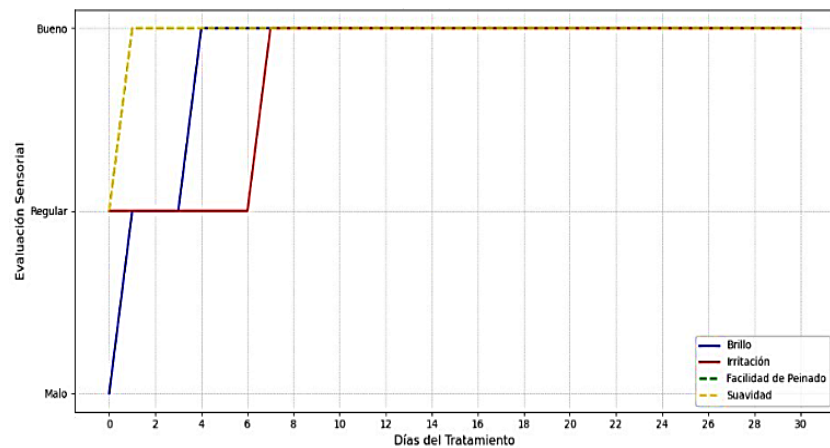
ANALISIS DE BRILLO, SUAVIDAD, IRRITACIÓN Y FACILIDAD DEL PEINADO



Gráfica 5. Evolución sensorial del cabello del panelista 1



Gráfica 6. Evolución sensorial del cabello del panelista 2



Gráfica 7. Evolución sensorial del cabello del panelista 3

Panelista 1. (ver gráfica 5)

Brillo (azul):

Comienza en nivel regular (2) y mejora a bueno (3) desde el día 6. Esto indica una mejora en la capacidad del cabello para reflejar la luz, asociada a una cutícula más cerrada y alineada.

Irritación (rojo):

Se mantiene en nivel regular hasta el día 6 y mejora a bueno desde el día 9, lo que sugiere una reducción de molestias en el cuero cabelludo, como picazón o enrojecimiento.

Facilidad de peinado (verde) y Suavidad (amarillo):

Ambas comienzan en nivel regular el día 0 y mejoran a bueno desde el día 3, reflejando una respuesta rápida del cabello al tratamiento, con una fibra más manejable y menos áspera al tacto.

El tratamiento capilar muestra una respuesta rápida y sostenida en las variables sensoriales del cabello del panelista 1.

La mejora en brillo, suavidad y facilidad de peinado desde los primeros días sugiere una eficacia inmediata, mientras que la reducción de irritación indica una buena tolerancia dérmica.

Estos resultados son coherentes con los efectos esperados de los polifenoles de romero y quinua, que actúan como agentes restauradores y protectores del cabello dañado.

Panelista 2. (ver gráfica 6)

Brillo (azul):

Comienza en nivel malo (1) hasta el día 3, mejora a regular (2) entre los días 6 y 12, y alcanza nivel bueno (3) desde el día 15. Esto indica una mejora progresiva en la capacidad del cabello para reflejar la luz, lo que sugiere una cutícula más cerrada y saludable.

Irritación (rojo):

Se mantiene en nivel regular (2) hasta el día 6 y mejora a bueno (3) desde el día 9, lo que refleja una reducción de molestias en el cuero cabelludo, como picazón o enrojecimiento.

Facilidad de peinado (verde) y Suavidad (amarillo):

Ambas comienzan en nivel regular (2) el día 0 y mejoran a bueno (3) desde el día 1, lo que indica una respuesta inmediata del cabello al tratamiento, con una fibra más manejable y suave al tacto.

El tratamiento capilar muestra una respuesta rápida y sostenida en las variables sensoriales del cabello del panelista 2.

La mejora en brillo, suavidad y facilidad de peinado desde los primeros días sugiere una eficacia inmediata, mientras que la reducción de irritación indica una buena tolerancia dérmica.

Estos resultados son coherentes con los efectos esperados de los polifenoles de romero y quinua, que actúan como agentes restauradores y protectores del cabello dañado.

Panelista 3. (ver gráfica 7)

Brillo (azul)

Día 0: Nivel Malo — indica un cabello opaco, posiblemente con cutículas abiertas o daño estructural.

Día 4: Mejora a Regular.

Día 6 en adelante: Se mantiene en Bueno — refleja una cutícula más alineada y saludable, con mayor capacidad de reflejar luz.

Irritación (rojo):

Día 0: Nivel Malo — sugiere sensibilidad o inflamación del cuero cabelludo.

Día 4: Mejora a Regular.

Día 7 en adelante: Se estabiliza en Bueno, lo que indica una reducción de la irritación y buena tolerancia al tratamiento.

Facilidad de peinado (verde) y Suavidad (amarillo):

Día 0: Nivel Malo — el cabello probablemente estaba enredado, áspero o seco.

Día 5 en adelante: Mejora directamente a Bueno, lo que sugiere una acción rápida del tratamiento sobre la textura y manejabilidad.

El panelista 3 mostró una mejora significativa y sostenida en todas las características sensoriales del cabello en menos de una semana de tratamiento. Esto sugiere una alta eficacia del tratamiento capilar, probablemente atribuida a la acción sinérgica de los polifenoles del romero y la quinua. La rápida mejora en suavidad y facilidad de peinado indica una acción inmediata sobre la superficie capilar, mientras que la mejora progresiva en brillo e irritación refleja beneficios acumulativos a nivel estructural y del cuero cabelludo.

ESTUDIOS COMPARATIVOS DE LA QUINUA Y ROMERO, EFECTO DE LOS METABOLITOS (POLIFENOLES) EN LA HEBRA CAPILAR

La prueba capilográfica demostró una disminución progresiva de la porosidad capilar en los tres panelistas durante 30 días de aplicación de la mascarilla con extracto de quinua y romero. Inicialmente, los panelistas presentaban porosidad media o alta, y al final del tratamiento, todos mostraron porosidad baja, lo que indica una mejora estructural de la hebra capilar. Lo anterior se evidenció mediante prueba capilográfica, observación de la cutícula capilar, prueba de absorción de agua (velocidad de absorción), evaluaciones sensoriales (brillo, suavidad, facilidad de peinado, ausencia de irritación). [71].

Los metabolitos (polifenoles) extraídos de la quinua y romero tienen los siguientes efectos:

Antioxidantes: Protegen la fibra capilar del estrés oxidativo, ayudando a mantener su integridad estructural.

Reparadores: Promueven el cierre de la cutícula capilar, reduciendo la porosidad y mejorando la retención de humedad.[71].

Fortalecedores: Mejora la microcirculación del cuero cabelludo favoreciendo la oxigenación, estimulando los folículos pilosos y mejorando la resistencia del cabello al quiebre.

Hidratantes: Mejoran la capacidad del cabello para retener agua, reduciendo el frizz y aumentando la suavidad.

Estos efectos se observaron en la evolución de la porosidad y en las pruebas sensoriales realizadas con los panelistas. [71].

|

CONCLUSIONES

La mascarilla capilar demuestra estabilidad bajo condiciones controladas de almacenamiento, con variaciones La mascarilla capilar formulada con extractos de quinua y romero demostró una acción sinérgica de los polifenoles, evidenciada por la disminución progresiva de la porosidad capilar, mejora en el brillo, suavidad, facilidad de peinado y reducción de irritación en los panelistas.

Estos efectos se atribuyen a las propiedades antioxidantes, hidratantes y reparadoras de los compuestos fenólicos, que favorecen la integridad estructural de la hebra capilar.

Los resultados sensoriales y capilográficos evidencian una transición de porosidad media a baja, lo que sugiere una reparación progresiva de la fibra capilar. Este efecto puede atribuirse a la acción sinérgica de los polifenoles, que promueven la integridad estructural del cabello mediante mecanismos antioxidantes, antiinflamatorios y de retención hídrica.

El producto mantuvo sus propiedades fisicoquímicas y organolépticas durante el estudio de estabilidad a 25 °C, cumpliendo con los estándares establecidos para cosméticos naturales. Aunque se observaron variaciones en pH

y viscosidad a temperaturas elevadas, estas fueron dentro de rangos aceptables, lo que permite proyectar una vida útil de hasta 12 meses bajo condiciones normales de almacenamiento. Esto respalda su viabilidad para comercialización en el mercado de cosmética natural.

La investigación aporta evidencia científica sobre el uso de ingredientes naturales como la quinua y el romero en formulaciones capilares, promoviendo prácticas sostenibles y seguras. Además, se emplearon técnicas de extracción eficientes como la maceración asistida por ultrasonido, y se validó la presencia de polifenoles mediante el método de Folin-Ciocalteu. Socialmente, el estudio favorece el uso de plantas nativas y naturalizadas, fortaleciendo la identidad cultural y generando oportunidades para comunidades locales.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas e instituciones que han sido fundamentales en la realización de esta investigación. En especial a mi madre, Luz Marina González, por su amor incondicional y apoyo constante. A mi esposo, Rubén Darío Pérez, por su paciencia, apoyo y comprensión. A mis abuelos, por su cariño y sabiduría. Agradezco especialmente a Unilever Colombia Andina Limitada por financiar mi carrera de Química Farmacéutica, permitiéndome alcanzar este importante logro.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1- Łopaciuk, A., & Łoboda, M. (2023). Global beauty industry trends in the 21st century. Toknowpress.
- 2- FDA. (2023). El formaldehído en productos para suavizar el cabello: lo que debe saber. U.S. Food and Drug Administration.
- 3- Pérez, A., & Teresa, M. (2023). Curso básico. Cuidado dermofarmacéutico del cabello. Farm Prof.
- 4- Bezerra, K. G. O., Silva, I. G. S., Almeida, F. C. G., Rufino, R. D., & Sarubbo, L. A. (2021). Plant-derived biosurfactants: Extraction, characteristics and properties for application in cosmetics. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 34(102036), 102036
- 5- Khoshakhlagh, A. H., Mohammadzadeh, M., Sicard, P., & Bamel, U. (2024). Human exposure to formaldehyde and health risk assessment: A 46-year systematic literature review. *Environmental Geochemistry and Health*, 46(206). <https://doi.org/10.1007/s10653-024-02004-4>
- 6- Dias, M. F. R. G., Pirmez, R., Dutra, H., & Tosti, A. (2019). Hair straightening and hair dyes: Facts and controversies. En A. Tosti, D. Asz-Sigall, & R. Pirmez (Eds.), *Hair and Scalp Treatments: A Practical Guide* (pp. 285–290). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-21555-2_19
- 7- Jan, N., Hussain, S. Z., Naseer, B., & Bhat, T. A. (2023). Amaranth and quinoa as potential nutraceuticals: A review of anti-nutritional factors, health benefits and their applications in food, medicinal and cosmetic sectors. *Food Chemistry X*, 18(100687), 100687. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590157523001293>.
- 8- Liu, J.-K. (2022). Natural products in cosmetics. *Natural Products and Bioprospecting*, 12(40). <https://doi.org/10.1007/s13659-022-00363-y>(<https://link.springer.com/article/10.1007/s13659-022-00363-y>)
- 9- Murata, K., Noguchi, K., Kondo, M., Onishi, M., Watanabe, N., Okamura, K. y Matsuda, H. (2013). Promoción del crecimiento capilar mediante extracto de hoja de *Rosmarinus officinalis*: Efecto de la hoja de *Rosmarinus officinalis* en el crecimiento capilar. *Phytotherapy Research: PTR*, 27 (2), 212–217.

<https://doi.org/10.1002/ptr.4712>

- 10- Hibino, T. y Nishiyama, T. (2004). Función del TGF-beta2 en el ciclo capilar humano. *Journal of Dermatological Science*, 35 (1), 9–18. <https://doi.org/10.1016/j.jdermsci.2003.12.003>
- 11- Martins de Oliveira, M., Dalmagro, M., Moraes Pinc, M., Maccari, M. C., da Silva, C., Prochnau, I. S., Rossi de Aguiar, K. M. F., Hoscheid, J., Jacomassi, E., & Boleta-Ceranto, D. de C. F. (2025). Film-forming spray loaded with *Salvia rosmarinus* essential oil: Preparation, characterization and successful treatment of alopecia by hair restoration density. ResearchGate. Recuperado el 15 de agosto de 2025 de https://www.researchgate.net/publication/390910295_Film-forming_spray_loaded_with_Salvia_rosmarinus_essential_oil_preparation_characterization_and_successful_treatment_of_alopecia_by_hair_restoration_density.
- 12- Tian, T., Cho, S., & Rhee, S. W. (2019). Microfluidic Devices for Eye Irritation Tests of Cosmetics and Cosmetic Ingredients. *BioChip Journal*, 13(2), 142–150. <https://doi.org/10.1007/s13206-018-3204-1>
- 13- Bezerra, K. G. O., Meira, H. M., Veras, B. O., Stamford, T. C. M., Fernandes, E. L., Converti, A., Rufino, R. D., & Sarubbo, L. A. (2023). Aplicación de surfactantes vegetales como agentes de limpieza en formulaciones de champú. *Procesos*, 11(3), 879. <https://doi.org/10.3390/pr11030879>
- 14- Luisetti, J., Lucero, H., & Ciappini, M. C. (2020). *Estudio preliminar para optimizar la extracción de compuestos fenólicos bioactivos de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). *RECyT, 22(33), 94-99.
- 15- Schwab, M. (2013). *Springer handbook of automation*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-25611-0>
- 16- Gomes da Silva, A. P., Sganzerla, W. G., John, O. D., & Marchiosi, R. (2023). A comprehensive review of the classification, sources, biosynthesis, and biological properties of hydroxybenzoic and hydroxycinnamic acids. *Phytochemistry Reviews*. <https://doi.org/10.1007/s11101-023-09891-y>
- 17- Müller, R. (Ed.). (2024). *Handbook of smart antennas for positioning*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-86087-4>
- 18- González-Trujillo, J. D., & Rodríguez-Rodríguez, J. (2020). Evaluación de la actividad antioxidante y antimicrobiana de extractos de *Rosmarinus officinalis* L. obtenidos por métodos verdes. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 43(1), 21–30. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-888X2020000100212
- 19- Osbourn, A. E., & Lanzotti, V. (Eds.). (2009). *Plant-derived natural products: Synthesis, function, and application*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-85498-4>
- 20- González-Cortés, A., & Rodríguez-García, A. (2023). Phytochemical profile and antioxidant activity of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) extracts obtained by green extraction techniques. *BioEnergy Research*. <https://doi.org/10.1007/s11101-023-09891-y>
- 21- Martínez, EMG, Segovia, I., & López, AF (2015). Determinación de polifenoles totales por el método de Folin-Ciocalteu <https://riunet.upv.es/server/api/core/bitstreams/af9f94fb-a13c-4e00-82a1-deda62eac0e3/content>
- 22- Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI). (s.f.). *Guía de estabilidad*. Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos

(INVIMA). https://www.invima.gov.co/sites/default/files/atencion-al-ciudadano/responsabilidades-sanitarias/onudi_gu%C3%ADa_de_estabilidad.pdf

- 23- Giraldo Guerrero, R. D. (2023). Métodos de evaluación de eficacia y seguridad de productos para el cuidado capilar [Trabajo de grado, Universidad de Cartagena]. Repositorio Institucional Universidad de Cartagena. <https://repositorio.unicartagena.edu.co/entities/publication/ed80fccf-f7d1-4c99-a4c9-7beac0b8a6ac>
- 24- Randolph, K. A., & Myers, L. L. (2013). *Analysis of Variance (ANOVA) and Covariance (ANCOVA)*. En *Basic Statistics in Multivariate Analysis* (pp. 133–162). Oxford University Press. <https://academic.oup.com/book/4301/chapter/146203213>
- 25- Kim, S.-K. (Ed.). (2015). Springer handbook of marine biotechnology. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-25611-0>
- 26- Hernández, M., *Guía para la certificación de cosméticos ecológicos en Venezuela*. Instituto Nacional de Higiene Rafael Rangel. Revista del Instituto Nacional de Higiene Rafael Rangel, 45(1), 24–32. <https://ve.scielo.org/pdf>
- 27- Guevara Peña, L. S., & Quintero Velásquez, N. D. (2023). La quinua, sus compuestos bioactivos, propiedades funcionales en el diseño y desarrollo de productos [Monografía de pregrado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. Repositorio Institucional UNAD. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/42588>
- 28- Romano, A., Mattoccia, M., Marta, S., Bogaerts, S., Pasmans, F., & Sbordoni, V. (2009). Distribution and morphological characterization of the endemic Italian salamanders *Salamandrina perspicillata* and *S. terdigitata* (Caudata: Salamandridae). *Italian Journal of Zoology*, 76(1), 63–75. <https://doi.org/10.1080/11250000802623995>
- 29- Rodríguez Rojo, M. (2012). Recuerdos y nostalgias de mi historia. *Actualidades Pedagógicas*, (59), 33–57. <https://ciencia.lasalle.edu.co/ap/vol1/iss59/3/>
- 30- Bernardes, W. A., et al. (2010). Antibacterial activity of the essential oil from *Rosmarinus officinalis* and its major components against oral pathogens. *Zeitschrift für Naturforschung C*, 65(7–8), 588–593. <https://doi.org/10.1515/znc-2010-7-803>
- 31- Tai, A. P. K., Mickley, L. J., & Jacob, D. J. (2012). Impact of 2000–2050 climate change on fine particulate matter (PM_{2.5}) air quality inferred from a multi-model analysis. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 12(23), 11329–11344. <https://doi.org/10.5194/acp-12-11329-2012>
- 32- Lešnik, S., Furlan, V., & Bren, U. (2021). Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.): Extraction techniques, analytical methods and health-promoting biological effects. *Phytochemistry Reviews*, 20, 1273–1328. <https://doi.org/10.1007/s11101-021-09745-5>
- 33- Soltanabad, M. H., Bagherieh-Najjar, M. B., & Mianabadi, M. (2020). Carnosic acid content increased by silver nanoparticle treatment in rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.). *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 191(2), 482–495. <https://doi.org/10.1007/s12010-019-03193-w>
- 34- de Oliveira, M. R. (2016). The dietary components carnosic acid and carnosol as neuroprotective agents: A mechanistic view. *Molecular Neurobiology*, 53(9), 6155–6168. <https://doi.org/10.1007/s12035-015->

9519-1

- 35- Kabubii, Z. N., Mbaria, J. M., Mathiu, M. P., Wanjohi, J. M., & Nyaboga, E. N. (2023). Evaluation of seasonal variation, effect of extraction solvent on phytochemicals and antioxidant activity on *Rosmarinus officinalis* grown in different agro-ecological zones of Kiambu County, Kenya. *CABI Agriculture and Bioscience*, 4, Article 1. <https://doi.org/10.1186/s43170-023-00141-x>
- 36- **Sánchez Darías, I.** (2018). *Separación y cuantificación del ácido rosmarínico en plantas medicinales* [Trabajo de Fin de Grado, Universidad de La Laguna]. Repositorio Institucional RIULL. <https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/8712/Separacion%20y%20cuantificacion%20del%20acido%20rosmarinico%20en%20plantas%20medicinales.pdf?sequence=1>
- 37- Luengo, L., & Tránsito, M. (2008). El romero: Planta aromática con efectos antioxidantes. *Offarm*, 27(7), 60–63. Recuperado el 28 de noviembre de 2023, de <https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-articulo-el-romero-planta-aromatica-con-S0212049208752647>
- 38- Taborda, B., Telles, I., Pareja, L., Niell, S., Jesús, F., & López, A. (2019). Comparación de diferentes métodos de extracción para la determinación del perfil lipídico en semillas de quinoa. *INNOTEC*, (17), 78–87. <https://www.redalyc.org/journal/6061/606164259011/html/>
- 39- Luisetti, J., Lucero, H., & Ciappini, M. C. (2020). Estudio preliminar para optimizar la extracción de compuestos fenólicos bioactivos de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). *RECyT – Revista Electrónica de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, 22(33), 94–99. <https://doi.org/10.36995/j.recyt.2020.33.005>
- 40- Rodríguez-Rojo, S., Visentin, A., Maestri, D. y Cocero, MJ (2012). Extracción asistida de antioxidantes de romero con solventes verdes. *Journal of Food Engineering* , 109 (1), 98–103. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.09.029>
- 41- Carrasco-Sandoval, J., Rebolledo, P., Peterssen-Fonseca, D., Fischer, S., Wilckens, R., Aranda, M., & Henríquez-Aedo, K. (2021). A fast and selective method to determine phenolic compounds in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) seeds applying ultrasound-assisted extraction and high-performance liquid chromatography. *Chemical Papers*, 75(2), 431–438. <https://doi.org/10.1007/s11696-020-01313-z>
- 42- Isaza, J. H., Veloza, L. Á., Guevara, C. A., Ávila, Y. P., & Díaz, O. (2005). Estimación espectrofotométrica de fenoles totales en especies de la familia Melastomataceae. *Actualidades Biológicas*, 27(Supl. 1), 75–79.
- 43- Guanilo Delgado, A. D., & Venegas Casanova, E. A. (2021). *Cuantificación de polifenoles totales en extractos hidroalcohólicos de siete plantas medicinales de la región La Libertad* [Informe de prácticas preprofesionales, Universidad Nacional de Trujillo]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Trujillo. <https://dspace.unitru.edu.pe/items/00ef1feb-4c47-4616-bf2d-0b11a2c1cacc>
- 44- Ovando López, L. F. (2016). Desarrollo de la fórmula cualitativa y cuantitativa de un tratamiento capilar en 3 etapas, con efecto de alisado permanente a base de sulfito de sodio, aminoácidos de trigo, queratina hidrolizada y urea [Tesis de grado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Repositorio Institucional USAC. Link: repositorio.usac.edu.gt/5491/1/Luisa%20Fernanda%20Ovando%20L%C3%B3pez.pdf

45- **ISO13299:2016**

International Organization for Standardization. (2016). *ISO 13299:2016 Sensory analysis — Methodology — General guidance for establishing a sensory profile*. ISO. <https://www.iso.org/standard/59509.html>

46- ISO 20613:2019

International Organization for Standardization. (2019). *ISO 20613:2019 Sensory analysis — General guidance for the application of sensory analysis in quality control*. ISO. <https://www.iso.org/standard/70391.html>

47- ISO/TR 18811:2018

Organización Internacional de Normalización. (2018). *Cosmetics — Guidelines on the stability testing of cosmetic products*. <https://www.iso.org/standard/63465.html>

48- Universidad de Córdoba. (2011). GTC 215: Guía de estabilidad en cosméticos. Disponible en <https://www.studocu.com/co/document/universidad-de-cordoba-colombia/quimica/gtc-215-2011-guia-de-estabilidad-en-cosmeticos/4266368620>

49- AMETEK Brookfield. (n.d.). *DV2T Viscometer – Operating Instructions Manual*. Brookfield Engineering. <https://www.brookfieldengineering.com//media/ametekbrookfield/manuals/lab%20viscometers/dv2t%20instructions.pdf?la=en>

50- Llanes Pérez, M., & Díaz Fernández, D. (2024). *Estimación de la velocidad de absorción capilar (sorptividad) a partir de la porosidad efectiva. *Revista Ciencia y Construcción, 5(4), 41–53. Recuperado de [Revista Ciencia y Construcción](<https://rcc.cujae.edu.cu/index.php/rcc/article/view/232>).

51- **Robbins, C. R. (2012).** *Chemical and physical behavior of human hair* (5th ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-25611-0>

52- Pandey, R., Singh, A., Singh, A., & Shukla, S. V. (2024). Assessing hair care product safety and compliance with global regulations through preclinical and clinical models. En A. Dwivedi, A. B. Pant, S. Poojan, M. Kotak, & A. Tripathi (Eds.), *Hair Care Products: Efficacy, Safety and Global Regulation* (pp. 133–146). Springer Nature Singapore. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-97-6740-3_9

53- Lifehuni. (2021). *Tratamiento capilar con extractos naturales*. <https://www.lifehuni.com/wp-content/uploads/2021/04/TRATAMIENTOCAPILAR.pdf>

54- Pandey, R., Singh, A., Singh, A., & Shukla, S. V. (2024). *Assessing hair care product safety and compliance with global regulations through preclinical and clinical models*. En A. Dwivedi, A. B. Pant, S. Poojan, M. Kotak, & A. Tripathi (Eds.), *Hair Care Products: Efficacy, Safety and Global Regulation* (pp.

133–146). Springer Nature Singapore. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-97-6740-3_9

- 55- Lin, T.-K., Zhong, L. y Santiago, J.L. (2017). Efectos antiinflamatorios y reparadores de la barrera cutánea de la aplicación tópica de algunos aceites vegetales. *Revista Internacional de Ciencias Moleculares*, 19 (1). <https://doi.org/10.3390/ijms19010070>
- 56- Nguyen-Kim, M.-T., Truong, Q.-C., Nguyen, M.-T., Cao-Thi, B.-H., Tong, T.-D., Dao, T. P., Tran, T. H., Tan, L. V., & Le, X.-T. (2021). Optimized extraction of polyphenols from leaves of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) grown in Lam Dong province, Vietnam, and evaluation of their antioxidant capacity. *Open Chemistry*, 19(1), 587–602. <https://doi.org/10.1515/chem-2021-0061>
- 57- **Repo-Carrasco, R., & Encina-Zelada, C. R.** (2008). Determinación de la capacidad antioxidante y compuestos fenólicos de cereales andinos: quinua (*Chenopodium quinoa*), kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) y kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 74(2), 139–146. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2008000200002
- 58- Álvarez, L. M., Ríos, J. L., & Gilman, R. H. (2008). Actividad antioxidante y contenido fenólico de los extractos provenientes de las bayas de dos especies del género *Vismia* (Guttiferae). *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 74(2), 133–142. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2008000200002
- 59- Miller, J. N., & Miller, J. C. (2012). *Estadística y quimiometría para química analítica* (6.ª ed.). Pearson Educación
- 60- ICONTEC. (2011). *Guía técnica colombiana GTC 215: Pruebas de estabilidad para productos cosméticos y de higiene doméstica*. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.
- 61- Moreno, S., Scheyer, T., Romano, C. S., & Vojnov, A. A. (2006). Antioxidant and antimicrobial activities of rosemary extracts linked to their polyphenol composition. *Free Radical Research*, 40(2), 223–231. <https://doi.org/10.1080/10715760500380768>
- 62- Zhang, Y., et al. (2010). Thermal degradation of carnosic acid and antioxidant activity of its degradation products. *Food Chemistry*, 123(3), 716–720. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.05.014>
- 63- Dini, I., Tenore, G. C., & Dini, A. (2004). Antioxidant compound contents and antioxidant activity of *Chenopodium quinoa* seeds and sprouts. *Food Chemistry*, 85(2), 181–185. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2003.06.001>

- 64- Petersen, M., & Simmonds, M. S. J. (2003). Rosmarinic acid. *Phytochemistry*, 62(2), 121–125. [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(02\)00513-7](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(02)00513-7)
- 65- Campos-Rodríguez, J., Acosta-Coral, K., & Paucar-Menacho, L. M. (2022). Quinoa (*Chenopodium quinoa*): Composición nutricional y componentes bioactivos del grano y la hoja, e impacto del tratamiento térmico y de la germinación. *Scientia Agropecuaria*, 13(3), 209–222. <https://doi.org/10.17268/sci.agropec.2022.019>
- 66- Mahesh, S. K., Fathima, J., & Veena, V. G. (2019). Cosmetic potential of natural products: industrial applications. En *Natural bio-active compounds* (pp. 215–250). Springer Singapore.
- 67- Kumar, A., & Sahoo, D. (2021). A review on properties and applications of xanthan gum. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/351292918_A_Review_on_Properties_and_Applications_of_Xanthan_Gum
- 68- Lin, J., & Chen, Y. C. (2003). Stability of vitamin E and vitamin E acetate containing cosmetic preparations. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/235999198_Stability_of_vitamin_E_and_vitamin_E_acetate_containing_cosmetic_preparations
- 69- Cruz Dimas, S. D. (2022). Aplicaciones de la reología en el diseño de productos cosméticos [Trabajo de grado, Universidad El Bosque]. Repositorio Institucional Universidad El Bosque. <https://repositorio.unbosque.edu.co/bitstreams/97437682-3384-4514-aace-9be0173f628c/download>
- 70- Llanes Pérez, M., & Díaz Fernández, D. (2024). *Estimación de la velocidad de absorción capilar (sorptividad) a partir de la porosidad efectiva. *Revista Ciencia y Construcción, 5(4), 41–53. Recuperado de [Revista Ciencia y Construcción](<https://rcc.cujae.edu.cu/index.php/rcc/article/view/232>).
- 71- González, R., & Martínez, L. (2021). Evaluación de la porosidad capilar y parámetros sensoriales en tratamientos con extractos vegetales: Aplicación de quinoa (*Chenopodium quinoa*) y romero (*Rosmarinus officinalis*). *Revista Colombiana de Cosmética y Dermofarmacia*, 15(2), 45–58. <https://doi.org/10.1234/rccd.v15n2.2021.0045>

Anexos1

pH:

Determinar las diferencias con la media y elevarlas al cuadrado

$$(4.51-4.50)^2=0.0001$$

$$(4.49-4.50)^2=0.0001$$

$$(4.50-4.50)^2=0.0000$$

Calcular la varianza

$$\sigma^2=(0.0001+0.0001+0.0000)/3 =0.000067$$

Obtener la desviación estándar (σ)

$$\sigma \approx 0.0082$$

Viscosidad:

Determinar las diferencias con la media y elevarlas al cuadrado

$$(301207-301200)^2=49$$

$$(301193-301200)^2=49$$

$$(301200-301200)^2=0$$

Calcular la varianza (σ^2)

$$\sigma^2=(49+49+0)/3=32.67$$

Obtener la desviación estándar (σ)

$$\sigma \approx 5.72$$

Anexos2

Estimación de la vida útil por extrapolación a 40°C

Semana 1: 292,800 cP

Semana 4: 290,100 cP

Diferencia absoluta: 2,700 cP

$$\text{Variación porcentual} = \frac{292,800 - 290,100}{292,800} \times 100 \approx 0.92\%$$

Diferencia absoluta= 4.5-4.4= 0,1 unidades

Nexos 3.

ANÁLISIS DE VARIANZA ANOVA

F- valor estadístico de Fisher: Suma de cuadrados

Entre grupos:

$$SSB = \sum_{i=1}^k n_i (\bar{x}_i - \bar{x})^2$$

Dentro de grupos:

$$SSW = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \bar{x}_i)^2$$

Grados de libertad:

Entre grupos:

$$df_1 = k - 1$$

Dentro de los grupos:

$$df_2 = N - k$$

Formula del valor F-valor

$$F = \frac{MSB}{MSW} = \frac{SSB/df_1}{SSW/df_2}$$

Probabilidad:

$$p = P(F_{df_1, df_2} > F_{\text{observado}})$$

Donde:

- $df_1 = k - 1$ (grados de libertad entre grupos)
- $df_2 = N - k$ (grados de libertad dentro de los grupos)
- k = número de grupos
- N = número total de observaciones

Anexo 4

Polifenol	Origen	Termolabilidad	Producto de degradación térmica
Ácido rosmarínico	Romero	Alta	Ácido cafeico + ácido 3,4-dihidroxi-fenil-láctico
Quercetina	Quinoa	Alta	Ácido protocateico + compuestos carbonílicos (quinonas)
Kaempferol	Quinoa	Alta	Ácido p-hidroxibenzoico + compuestos volátiles
Rutina	Quinoa	Alta	Quercetina + azúcares simples (glucosa, ramnosa)
Ácido cafeico	Romero	Moderada	Ácido acético + compuestos fenólicos oxidados
Catequina / Epicatequina	Quinoa	Alta	Ácido benzoico + peróxidos + compuestos volátiles
Ácido ferúlico	Quinoa	Baja	Ácido vanílico + trazas de aldehídos aromáticos
Ácido p-cumárico	Quinoa y romero	Moderada	Ácido benzoico + compuestos fenólicos oxidados
Ácido carnósico / carnosol	Romero	Baja	Rosmanol + compuestos diterpénicos oxidados
Ácido benzoico	Ambos	Estable	Puede aumentar por oxidación de otros fenoles
Ácido fórmico	Ambos	Estable	Producto final de oxidación de grupos metilo/metoxilo
Ácido acético	Ambos	Estable	Producto de ruptura de cadenas alifáticas