

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas

Valorización de la borra de café para su aprovechamiento en la formulación de un producto cosmético a escala laboratorio.

INGE-2698

Proyecto Integrador

Previo la obtención del Título de:

Ingeniera Química

Presentado por:

Renata Karina Chapelín Mora

Melanie Alexandra Chóez Rodríguez

Guayaquil - Ecuador

Año: 2024

Dedicatoria

Este proyecto está dedicado, a mi mamá, Karina. Gracias por ser mi guía, mi inspiración y mi mayor fortaleza. Tu amor incondicional y apoyo constante han sido la base sobre el que he construido cada uno de mis sueños. El 14 de mayo del 2001, nuestras vidas se unieron de una forma única y mágica: yo llegué al mundo como tu regalo de cumpleaños, y desde ese momento, este día no solo celebra tu vida, sino también el vínculo eterno y especial que compartimos. No existen palabras suficientes para describir lo agradecida y orgullosa que me siento de ser tu hija. Te amo mami.

A mi novio, Carlos Jara, por tu paciencia infinita, confianza y por creer en mí incluso cuando yo dudaba. Tu apoyo ha sido un pilar fundamental en este proceso.

Renata Karina Chapelín Mora.

Dedicatoria

A mis queridos padres, Kléber y Mónica, quienes han sido mi guía y fortaleza durante toda mi vida estudiantil. Sin su amor, sacrificio y apoyo incondicional, este logro no habría sido posible. Estos 5 años me hicieron comprender cuánto los necesito y lo profundamente agradecida que estoy con ustedes. Gracias por ser mi mayor inspiración y enseñarme que con esfuerzo y perseverancia todo es posible. Este logro es un reflejo de todo lo que me han dado y es tan suyo como mío.

A mis hermanos, Ing. Joshua e Isai, por su ejemplo, compañía y respaldo constante.

A mi pareja, Nicolás, por tu apoyo incondicional a lo largo de la carrera, por estar conmigo en cada logro y desafío académico. Tu compañía y aliento me dieron fuerzas para seguir adelante.

Melanie Alexandra Chóez Rodríguez.

Agradecimientos

Mi más sincero agradecimiento a nuestro tutor, MSc. Michael Rendón, por su paciencia, orientación y compromiso en cada paso. A la MSc. Myrian Santos, por su invaluable respaldo y disposición para brindarnos apoyo en cada etapa.

A mis amigos de la carrera, *Los Quimikitos*, quienes llenaron este camino de risas, viajes y lágrimas compartidas. Gracias por hacer de cada experiencia un recuerdo inolvidable.

A mi compañera de tesis, Melanie Chóez, por ser mi aliada en este desafío. Gracias por tu compromiso para enfrentar cada obstáculo conmigo.

Al Ing. Roberto Fernández, por su apoyo continuo, seguimiento y preocupación por cada detalle del proyecto.

Renata Karina Chapelín Mora.

Agradecimientos

Mi más sincero agradecimiento a Dios, dador de sabiduría, por brindarme fortaleza y guía para culminar este nuevo capítulo en mi vida.

A nuestro tutor, MSc. Michael Rendón, por su constante apoyo, dedicación y orientación durante todo el proceso. A la MSc. Myrian Santos, por su apoyo, dedicación y disposición a lo largo de carrera.

A mi tía, por abrirme las puertas de su hogar. Gracias por tu amor y generosidad.

A mi compañera de fórmula, Renata Chapelín, por tu apoyo, dedicación y por hacer de este proceso una experiencia única. Gracias por compartir risas, desafíos y momentos inolvidables. Estoy profundamente agradecida por haberlo vivido juntas. A mis amigos de la carrera, especialmente a *Los Quimikitos*, por su compañía, risas y consejos. Gracias por estar ahí, haciendo de este viaje algo inolvidable.

Melanie Alexandra Chóez Rodríguez.

Declaración Expresa

Nosotras Renata Karina Chapelín Mora y Melanie Alexandra Chóez Rodríguez acordamos y reconocemos que:

La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá a los autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que me/nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de mi/nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique a los autores que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 10 de octubre del 2024.



Renata Karina Chapelín Mora



Melanie Alexandra Chóez Rodríguez

Evaluadores

Nadia Magaly Flores Manrique

Profesor de Materia

Michael Guillermo Rendón Morán

Tutor de proyecto

Resumen

La borra de café (SCG) es un desecho agroindustrial con una generación global estimada de 60 millones de toneladas anuales como subproducto de las infusiones de café. Ofreciendo un gran potencial para revalorizarse mediante la extracción de su aceite, que representa aproximadamente el 24% de su composición. El objetivo de este proyecto fue desarrollar una crema corporal utilizando este aceite en un proceso dividido en cuatro etapas. La extracción del aceite se realizó mediante el método asistido por ultrasonido a 40 °C durante 35 minutos, empleando una mezcla 50:50 de etanol y 2-propanol, con una proporción de 1 g de SCG por 15 mL de solvente, maximizada mediante pruebas estadísticas con un rendimiento del 64%. El aceite obtenido presentó un pH neutro, un contenido de 20.38 mg GAE/L y 43.67 mg Trolox/L evidenciando altas propiedades antioxidantes en comparación con otros aceites de la literatura. Posteriormente, se formuló una crema corporal combinando las fases acuosa y oleosa mediante calentamiento y agitación, logrando una emulsión homogénea. La crema fue evaluada bajo los lineamientos de ARCSA (2017), resultando con una consistencia semilíquida, color café claro y un pH de 7.6. Los indicadores económicos obtenidos de TIR de 24%, VAN de \$20,660.47 y PBP de 5 años confirmaron la viabilidad del proyecto.

Palabras Clave: Extracción asistida por ultrasonido, crema corporal, desecho, aceite de subproductos del café.

Abstract

Spent coffee grounds (SCG) is an agro-industrial waste with an estimated global generation of 60 million tons per year as a by-product of coffee infusions. It offers immense potential for reevaluation through the extraction of its oil, which is approximately 24% of its composition. The aim of this project was to develop a body cream using this oil in a process divided into four stages. The oil extraction was carried out by the ultrasound-assisted method at 40 °C for 35 minutes, using a 50:50 mixture of ethanol and 2-propanol, with a ratio of 1 g of SCG per 15 mL of solvent, maximized by statistical tests with a yield of 64%. The oil obtained presented a neutral pH, a content of 20.38 mg GAE/L and 43.67 mg Trolox/L evidencing high antioxidant properties compared to other oils in the literature. Subsequently, a body cream was formulated by combining the aqueous and oily phases through heating and agitation, achieving a homogeneous emulsion. The cream was evaluated under ARCSA (2017) guidelines, resulting with a semi-liquid consistency, light brown color and a pH of 7.6. The economic indicators obtained of IRR of 24%, NPV of \$20,660.47 and PBP of 5 years confirmed the viability of the project.

Keywords: *Ultrasound-assisted extraction, body cream, waste, coffee by-product oil.*

Índice general

Resumen.....	I
Abstract.....	II
Abreviatura.....	VI
Simbología.....	VII
Índice de figura.....	VIII
Índice de tablas.....	IX
Capítulo 1.....	1
1. Introducción.....	2
1.1 Descripción del Problema.....	2
1.2 Justificación del Problema.....	3
1.3 Objetivos.....	5
1.3.1 Objetivo General.....	5
1.3.2 Objetivos específicos.....	5
1.4 Marco teórico.....	6
1.4.1 Residuos en la Industria Cafetera.....	6
1.4.2 Composición Química del SCG.....	7
1.4.3 Técnicas de Extracción del aceite de SCG.....	7
1.4.3.1 Selección de solvente.....	9
1.4.4 Normas nacionales e internacionales en cosméticos.....	9
1.4.5 Impacto Ambiental y Beneficios de la Reutilización del SCG.....	10
1.4.6 Tendencias del Mercado de Cosméticos Naturales.....	11
Capítulo 2.....	12
2. Metodología.....	13
2.1 Preparación de la materia prima.....	13
2.2 Extracción del aceite.....	14
2.2.1 Evaporación.....	15
2.3 Caracterización del aceite.....	18
2.3.1 Densidad aparente.....	18

2.3.2 Espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier	18
2.3.4 Índice de refracción por refractómetro	19
2.3.5 Índice de pH.....	19
2.3.6 Actividades antioxidantes	19
2.3.6.1 Capacidad antioxidante.....	19
2.3.6.2 Flavonoides totales.....	20
2.3.6.3 Perfil de polifenoles	20
2.4 Formulación de la Crema corporal	20
2.5 Caracterización de la crema corporal.....	24
2.5.1 Evaluación organoléptica.....	24
2.5.2 Evaluación fisicoquímica.....	24
2.5.3 Espectroscopía FTIR.....	25
2.6 Propuesta del sistema para la elaboración de la crema corporal.....	25
2.6.1 Temperatura	25
2.6.2 Velocidad.....	26
Capítulo 3.....	27
3. Resultados y análisis	28
3.1 Aceite extraído	28
3.1.1 Análisis estadístico.....	28
3.1.2 Caracterización	31
3.2 Crema corporal.....	35
3.3 Propuesta del sistema.....	38
3.3.1 Cálculos.....	38
3.3.1.1 Temperatura	38
3.3.1.2 Velocidad de Flujo.....	39
3.3.2 Diagrama de flujo de procesos.....	40
3.4 Análisis económico.....	42
3.4.1 Precios de cremas corporales.....	42
Capítulo 4.....	44

4. Conclusiones y recomendaciones	45
4.1 Conclusiones	45
4.2 Recomendaciones	46
Referencias.....	48
Apéndice A: Caracterización del SCG	53
Apéndice B: Extracción del aceite	54
Apéndice C: Caracterización del aceite extraído	58
Apéndice D: Formulaciones de la crema corporal.....	61
Apéndice E: Protocolo para la elaboración de la crema corporal	63
Apéndice F: Reporte económico.....	66

Abreviatura

ANOVA	Análisis de Varianza
ARCSA	Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria
ARD	Aceite de rosa damascena
BPM	Buenas Prácticas de Manufactura
BWG	Birmingham Wire Gauge
CIBE	Centro de Investigaciones Biotecnológicas del Ecuador
DDPH	2,2 – Difenil – 1 – Picrilhidrazilo
FTIR	Infrarrojo por Transformada de Fourier
GAE	Ácido gálico
H ₀	Hipótesis nula
H _a	Hipótesis alternativa
HPLC	Cromatografía Líquida de Alto Rendimiento
INEN	Servicio Ecuatoriano de Normalización
ISO	International Organization for Standardization
MAE	Microwave-assisted extraction
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
PFD	Diagrama de flujo de procesos
Q	Quercetina
RPM	Revoluciones por minuto
SCG	Spent Coffee Grounds
TFC	Flavonoides totales
TIR	Tasa Interna de Retorno
TMAR	Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento
TPC	Polifenoles totales
VAN	Valor Actual Neto

Simbología

\dot{Q}	Calor sensible
\dot{m}	flujo másico del flujo
C_p	Capacidad calorífica específica del flujo
T	Temperatura
v	Velocidad del flujo
A_c	Área transversal
ρ	Densidad del flujo
α	Alpha
p	Probabilidad
D_o	Diámetro externo
ε	Espesor

Índice de figura

Figura 1. Principales desechos sólidos del proceso del café.....	7
Figura 2. Técnicas de Extracción del aceite de SCG	9
Figura 3. Procedimiento de secado	14
Figura 4. Procedimiento de obtención de aceite con las cinco relaciones	15
Figura 5. Modelo general del proceso.....	16
Figura 6. Modelo general del segundo proceso	17
Figura 7. Diagrama de cajas de las cinco relaciones de solventes.....	29
Figura 8. Diagrama de cajas de las cinco relaciones de SCG.....	29
Figura 9. Resultados de las relaciones de solvente	30
Figura 10. Resultados de la extracción con relaciones de SCG.....	31
Figura 11. FTIR del aceite	32
Figura 12. Comparación de aceites en cosméticos	34
Figura 13. FTIR de la crema corporal.....	38
Figura 14. PFD del sistema propuesto	41
Figura 15. Muestra del matraz colector	54
Figura 16. Compuestos similares mediante FTIR.....	58
Figura 17. Curva de Trolox.....	59
Figura 18. Curva del ácido gálico	60
Figura 19. Curva de Quercentina	60
Figura 20. Formulaciones de la crema corporal.....	61
Figura 21. Precios parciales de la materia prima	66
Figura 22. Precio del aceite de coco	67

Índice de tablas

Tabla 1. Materiales, equipos y reactivos para el secado	13
Tabla 2. Relaciones de extracción de los solventes	14
Tabla 3. Diferentes relaciones de SCG	17
Tabla 4. Primera formulación	21
Tabla 5. Segunda formulación	21
Tabla 6. Tercera formulación.....	22
Tabla 7. Cuarta formulación	22
Tabla 8. Quinta formulación	23
Tabla 9. Sexta formulación	23
Tabla 10. Perfil de polifenoles	35
Tabla 11. Resultados de la evaluación organoléptica 1	36
Tabla 12. Resultados de la evaluación organoléptica 2	36
Tabla 13. Payback.....	42
Tabla 14. Comparación económica con cremas corporales comerciales.....	43
Tabla 15. Porcentajes de humedad bandejas grandes	53
Tabla 16. Porcentajes de humedad bandejas pequeñas.....	53
Tabla 17. Porcentajes de rendimiento con relaciones de solventes	54
Tabla 18. Porcentajes de rendimiento de SCG	55
Tabla 19. Descripción de ANOVA.....	55
Tabla 20. Resultados de ANOVA.....	55
Tabla 21. Resultados de la Prueba de Tukey	56
Tabla 22. Resultados del Box Plot.....	56
Tabla 23. Descripción de ANOVA 2	57
Tabla 24. Resultados de ANOVA 2.....	57
Tabla 25. Resultados Prueba Tukey 2.....	57
Tabla 26. Resultados del Box Plot 2.....	58
Tabla 27. Concentraciones de la capacidad antioxidante	59
Tabla 28. Resultado de la capacidad antioxidante	59
Tabla 29. Resultado de los polifenoles totales.....	60
Tabla 30. Resultado de los flavonoides totales.....	61

Tabla 31. Valores del perfil de polifenoles totales	61
---	----

Capítulo 1

1. Introducción

1.1 Descripción del Problema

El café, después del agua, es una de las bebidas más consumidas a nivel mundial, con una importancia histórica y cultural que trasciende continentes. Brasil se destaca como uno de los mayores productores globales, liderando el sector con millones de sacos producidos cada año. De acuerdo con el Servicio Agrícola Exterior del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (2024), durante el periodo 2023-2024, la producción mundial de café alcanzó los 169.18 millones de sacos de 60 kg. Ecuador, aunque con una menor participación, contribuye con el 0.2% de la producción global, posicionándose en el puesto 25 del ranking mundial con 370 mil sacos.

Un aspecto significativo en la industria del café es la generación de grandes cantidades de residuos durante las distintas etapas de su procesamiento, tales como la pulpa, el pergamino y la borra. La borra, también conocida como bagazo de café o Spent Coffee Grounds (SCG, por sus siglas en inglés) representa aproximadamente el 10% del peso del fruto fresco, siendo uno de los principales residuos resultantes del proceso de infusión de café (Núñez, 2024). Además, es considerado uno de los subproductos más abundantes, con un estimado de 60 millones de toneladas generadas anualmente a nivel mundial, lo que la convierte en uno de los desechos más comunes tanto en los hogares, como en cafeterías (Forcina et al., 2023).

Esta problemática no solo es global, sino también local. En regiones productoras como la provincia de Chimborazo los volúmenes de desechos relacionados con la producción de café son significativos. Por ejemplo, en 2021, “se obtuvo 14 toneladas de café arábigo, 70 toneladas de pulpa, 46 toneladas de pergamino y 64 toneladas de borra” (Burgos-Arcos et al., 2022, p. 13),

subrayando la magnitud de los residuos que acompañan al cultivo y procesamiento del café en esta región.

La acumulación del SCG y otros subproductos no solo afecta a los suelos y las fuentes de agua, sino que también contribuye a la emisión de gases de efecto invernadero, como el metano, agravando el cambio climático. Además, la degradación de estos residuos, sin un manejo adecuado, puede generar lixiviados los cuales pueden contaminar tanto las aguas subterráneas, como la biodiversidad local.

Una finca dedicada a la producción de cacao y café ha establecido una cafetería reconocida en la ciudad de Guayaquil, donde se sirven diariamente una gran cantidad de bebidas a base de café. Este modelo de negocios, integra la producción y venta directa de sus productos, genera aproximadamente 6 kg de SCG cada día. A pesar de la alta calidad de los productos comercializados, el manejo de los residuos generados, particularmente el SCG representa un desafío significativo. Con una producción diaria tan elevada, la acumulación de SCG se convierte en un problema tanto ambiental como operativo, lo que destaca la necesidad de implementar soluciones sostenibles para valorizarlo abriendo nuevas oportunidades en diferentes sectores industriales.

1.2 Justificación del Problema

A pesar de la gravedad del problema, localmente existen pocas, casi nulas, soluciones para gestionar estos desechos de manera sostenible, lo que representa un desafío crucial para la sostenibilidad del sector cafetero. Por lo cual, SCG representa una oportunidad valiosa para generar valor agregado a través de la extracción de su aceite, que constituye aproximadamente el 15% de este (Ballesteros, 2021). Este posee compuestos bioactivos, como antioxidantes y ácidos

grasos esenciales, que pueden ser empleados en la formulación de productos cosméticos, brindando beneficios sustanciales para la piel y promoviendo una cosmética más responsable con el medio ambiente.

La relevancia del problema radica en la oportunidad de implementar principios de economía circular al generar valor agregado a partir de un residuo, que actualmente es considerado un desecho. Contribuyendo así, a la disminución de los impactos ambientales negativos, además de fomentar el desarrollo de nuevas industrias, particularmente en sectores emergentes como la cosmética natural y sostenible. La valorización de la borra de café no solo ofrece beneficios ambientales al reducir la acumulación de residuos, sino que también tiene el potencial de mejorar la economía de los pequeños productores de café y otros actores dentro de la cadena agroindustrial, promoviendo un modelo de negocio más sostenible y rentable.

La formulación de una crema corporal basada en el aceite extraído del SCG no solo ofrecería al consumidor una alternativa natural con propiedades hidratantes y antioxidantes, sino que también generaría un impacto positivo en el desarrollo económico de los productores de café en Ecuador. Al reutilizar un subproducto previamente desechado, se fomentaría la generación de ingresos adicionales para los agricultores y se fortalecería el enfoque de economía circular (Al-Dhabi et al., 2016). Este enfoque de valorización no solo impulsaría la sostenibilidad en la industria cosmética y agroindustrial del país, sino que también contribuiría a reducir el impacto ambiental asociado con el desperdicio agrícola, alineándose con las tendencias globales de consumo responsable y producción sostenible

Frente a este desafío, una de las soluciones más innovadoras que se ha planteado en diversos sectores industriales es la producción de una crema corporal a partir del aceite extraído del SCG.

Contribuyendo así a la economía circular, al reintegrar los subproductos en la cadena de valor y reduciendo el impacto ambiental generado. El aceite extraído del SCG posee propiedades beneficiosas para la piel, como su capacidad antioxidante e hidratante, convirtiéndolo en un ingrediente activo para el desarrollo de productos cosméticos de alta calidad, impulsando el crecimiento de la industria cosmética de manera sostenible y rentable.

La reutilización de los SCG es muy beneficiosa para el medio ambiente, ya que está alineada con varios Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). En primer lugar, cumple con el ODS 12, al promover la reducción de residuos a través del reciclaje y la optimización del uso de recursos naturales. Además, contribuye al ODS 13, ya que la reutilización de SCG contribuye a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero al disminuir la cantidad de residuos orgánicos que terminan en vertederos. Asimismo, satisface el ODS 9, fomentando la innovación industrial y el crecimiento económico mediante la integración de prácticas sostenibles. Finalmente, apoya el ODS 15, al prevenir la contaminación del suelo mediante la reutilización de estos subproductos (Gamez, 2022).

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Elaborar una crema corporal a base del aceite extraído de la borra de café para la revalorización de este residuo agroindustrial.

1.3.2 Objetivos específicos

- Caracterizar la borra de café y su aceite mediante la extracción asistida por ultrasonido, utilizando técnicas de análisis físicos y fisicoquímicos.

- Definir las condiciones de operación a escala laboratorio para la elaboración de la crema cosmética a partir del aceite extraído de la borra de café.
- Identificar las propiedades organolépticas y fisicoquímicas de la crema elaborada según los requisitos establecidos en normas nacionales e internacionales.

1.4 Marco teórico

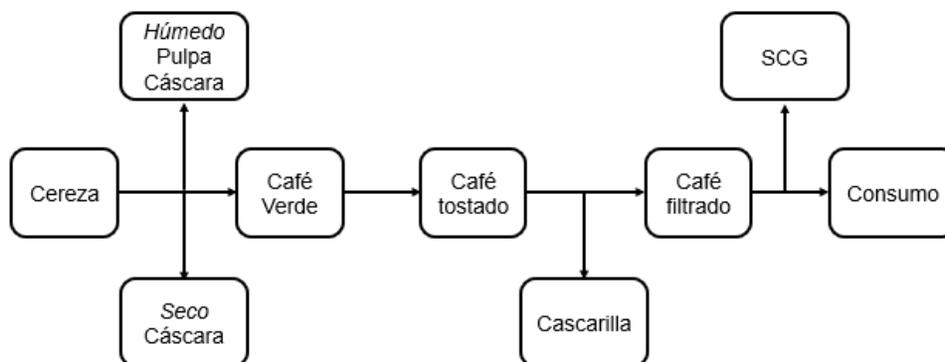
1.4.1 Residuos en la Industria Cafetera

Dado el aumento global en la demanda de café en los últimos años, tal como se mencionó previamente, los desechos y/o subproductos generados por esta industria se han convertido en un problema. La acumulación de estos residuos, que a menudo no se tratan adecuadamente, está causando una creciente preocupación ambiental. La falta de un tratamiento adecuado no solo contribuye a la contaminación, sino que también afecta negativamente a los ecosistemas locales y a la salud del suelo. “La cáscara y la pulpa del café es un subproducto valioso, pero también es un gran contaminante” (Ballesteros, 2021).

En la cadena productiva del café, menos del 5% de la biomasa se usa para la bebida, mientras que la mayor parte corresponde a residuos. Entre estos destacan la pulpa, la cáscara y la borra de café como se observa en la Figura 1. La pulpa y la cáscara se generan durante el procesamiento del fruto, mientras que la borra se obtiene al preparar la bebida. Estos subproductos son ricos en compuestos bioactivos y tienen un gran potencial para ser aprovechados en diversas industrias, contribuyendo a la sostenibilidad y a la reducción de residuos (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 2019).

Figura 1

Principales desechos sólidos del proceso del café



1.4.2 Composición Química del SCG

De acuerdo con Solomakou et al. (2022), la composición química del SCG es compleja debido a que varía según el tipo de grano y las condiciones empleadas en el proceso de filtrado. En términos de base húmeda, el SCG destaca por su alto contenido de grasa, que ronda el 19%, lo cual es clave para aportar propiedades hidratantes y emolientes. Por otro lado, su contenido de proteínas, que fluctúa entre el 4.30% y el 17.44%, contribuye a mejorar la elasticidad e hidratación de la piel. Asimismo, el SCG posee una cantidad significativa de fibra dietética, que varía del 36.87% al 60.46%, con una predominancia de fibras insolubles (50.78%), que pueden funcionar como exfoliantes suaves en formulaciones cosméticas.

1.4.3 Técnicas de Extracción del aceite de SCG

Los métodos más comunes para este procedimiento son Soxhlet, Ultrasonido y Microondas como se observa en la Figura 2. La extracción Soxhlet es un método estándar y tradicional para determinar el contenido de aceite. Consiste en colocar la muestra en un filtro de celulosa, el cual se llena gradualmente con solvente desde un matraz de destilación. Cuando el solvente alcanza el nivel de desbordamiento, un sifón lo devuelve al matraz, llevando consigo los

analitos extraídos. Este proceso se repite hasta lograr una extracción completa (Ribeiro et al., 2024).

Por otro lado, la extracción asistida por microondas o MAE por sus siglas en inglés utiliza un microondas para calentar el solvente que se encuentra en contacto con la muestra, facilitando la extracción de los compuestos deseados. A diferencia del calentamiento convencional, en donde el calor se transfiere desde el exterior al interior de la muestra por conducción, radiación y convección, en la MAE el calentamiento depende de las propiedades dieléctricas del solvente. Este método suele durar entre 15 y 30 minutos, utilizando solo 10 a 30 mL de solvente, lo que reduce significativamente el tiempo y la cantidad de solvente en comparación con el método Soxhlet (Ribeiro et al., 2024).

Por consiguiente, la extracción asistida por ultrasonido es un método ampliamente utilizado para obtener compuestos bioactivos, destacando por su facilidad de uso, tiempos de extracción cortos, su carácter ecológico, así como por su alto rendimiento y selectividad. Este proceso se basa en la cavitación, que ocurre cuando las ondas ultrasónicas provocan la formación, crecimiento y colapso de burbujas de vapor o gas generadas por la acción de las ondas bajo una frecuencia determinada (Ramón & Gil-Garzón, 2021).

Figura 2*Técnicas de Extracción del aceite de SCG*

Nota: Imágenes de Extracción por Soxhlet-Ultrasonido y Extracción asistida por microondas tomadas de Mofijur et al. (2020) y Aparamarta et al. (2022) respectivamente.

1.4.3.1 Selección de solvente. En la extracción de compuestos, los solventes más comúnmente utilizados son el etanol, hexano y metanol, debido a su capacidad para lograr un alto rendimiento (Solomakou et al., 2022). Sin embargo, el uso de hexano y metanol no es recomendado en la industria cosmética debido a sus propiedades tóxicas, por lo que es posible sustituirlos por 2-propanol, que presenta una menor toxicidad (J. González & Martín, 2020). Tanto el 2-propanol como el etanol pueden evaporarse tras la extracción, garantizando que no queden trazas en el aceite destinado a productos cosméticos.

1.4.4 Normas nacionales e internacionales en cosméticos

Las normas nacionales en el ámbito de la cosmetología son gestionadas por la Agencia Nacional de Vigilancia Sanitaria (ARCSA) donde refleja los análisis mínimos necesarios para una solución sin rangos numéricos. Estos se clasifican en organolépticas (apariencia, color y olor), pH, densidad, punto de fusión y viscosidad (Agencia Nacional de Vigilancia Sanitaria, 2017). Mientras que, el Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN) establece en la norma

2867:2015 sobre los requisitos para el etiquetado para los productos cosméticos (Servicio Ecuatoriano de Normalización, 2015).

Por otro lado, la norma ISO (International Organization for Standardization) 22716:2007 establece directrices para las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) en la industria cosmética, los cuales abarcan desde la producción hasta la distribución de los productos (Bellomo, 2024). En donde se garantiza un sistema de gestión de calidad que asegura tanto la calidad como la seguridad de los cosméticos a lo largo de todo su ciclo de vida, incluyendo control en fabricación, almacenamiento, envasado, pruebas y transporte, minimizando riesgos y cumpliendo con los estándares de seguridad para los consumidores.

1.4.5 Impacto Ambiental y Beneficios de la Reutilización del SCG

La acumulación de estos residuos, que comúnmente se almacenan en las fincas sin control ni tratamiento adecuado, son los principales causantes de la contaminación debido a la emisión de metano, un gas considerado de efecto invernadero. Por lo tanto, la preocupación por la sostenibilidad ha impulsado a algunos países a desarrollar usos innovadores para los subproductos del café (Ballesteros, 2021).

En Colombia, por ejemplo, los residuos de café se utilizan para generar biocombustibles, bioetanol y biomasa, empleada en compostaje. En otros países como Estados Unidos y Japón, los residuos del café se han utilizado para remover metales contaminantes, aprovechando su capacidad adsorbente. Sin embargo, en Ecuador, a pesar de ser un país productor de café, no se dispone de datos o estudios que muestren la utilización de estos subproductos, lo que representa una brecha en el conocimiento y la innovación en el manejo de residuos (Tingo Proaño & Acosta, 2011).

1.4.6 Tendencias del Mercado de Cosméticos Naturales

Como respuesta al creciente interés por el cuidado del medio ambiente, la industria de cosméticos está experimentando un cambio significativo hacia el uso de empaques ecológicos y la reducción de residuos. Por lo que, cada vez más marcas están optando por soluciones sostenibles en sus productos, desde embalajes hasta diseños, con el objetivo de minimizar su impacto ambiental (Global Market Insights Inc., 2023).

El mercado de cosméticos naturales está experimentando un crecimiento acelerado, impulsado por la creciente demanda de productos ecológicos, sostenibles y basados en ingredientes de origen vegetal. Recientemente, el mercado alcanzó un valor de 12.49 mil millones en el 2023 y se prevé alcanzar los 21.83 mil millones en 2032, teniendo en cuenta una tasa de crecimiento anual compuesto (CAGR) de 6.4% (Expert Market Research, 2024).

A nivel mundial, varias marcas de cosméticos han adoptado la tendencia de utilizar residuos de café para desarrollar productos sostenibles. Entre ellas destaca una marca del Reino Unido, que emplea los SCG para crear productos como exfoliantes, cremas y jabones. Por otro lado, la empresa danesa transforma los residuos de café en ingredientes cosméticos como aceites y exfoliantes, aprovechando las propiedades antioxidantes y regenerativas del café (Coffee, 2021).

Capítulo 2

2. Metodología

2.1 Preparación de la materia prima

La materia prima SCG, de origen arábica y procedente de Loja, se recolectó a través de una cafetería universitaria, facilitando la logística para las pruebas experimentales. Se emplearon 668 kg de muestra, dado que esta cantidad era necesaria para garantizar resultados representativos y suficientes para la extracción de su aceite.

En cuanto a la caracterización del SCG se realizó el proceso de secado, en la cual se utilizaron los suministros y equipos descritos en la Tabla 1. Estos recursos garantizaron un secado eficiente y controlado del material.

Tabla 1

Materiales, equipos y reactivos para el secado

Materiales	Equipos	Reactivos
-7 Bandejas de aluminio	-Balanza de precisión Aczet modelo CY 4102	-Muestra de SCG (s)
-Pinza	-Estufa Biobase modelo BOV-V136F	
-Paleta	-Desecador	

La muestra se distribuyó en siete bandejas en una capa de 1cm para tener un secado uniforme. Luego se colocaron en la estufa a 105°C hasta alcanzar un 6% de humedad para evitar el crecimiento de microorganismos. Tras retirarlos, se dejaron reposar en el desecador durante 30 minutos antes de tomar el peso final como se muestra en la Figura 3. El porcentaje de humedad se calculó mediante la fórmula:

$$\text{Porcentaje de humedad}_{base\ húmeda} = \frac{\text{masa SCG húmeda} - \text{masa SCG seca}}{\text{masa SCG húmeda}} * 100 [\%] \quad (2.1)$$

Figura 3*Procedimiento de secado*

Finalmente, la muestra seca se trituró y conservó en un contenedor hermético y protegida de la luz solar (Ansori et al., 2021).

2.2 Extracción del aceite

La extracción del aceite presente en el SCG, previamente molido con un mortero, se efectuó mediante el baño de ultrasonido con el equipo de ISOLAB Laborgeräte GmbH modelo 621.05.010. En donde se utilizó 244 W de potencia ultrasónica a 40°C durante 35 minutos para no perder los compuestos fenólicos y aumentar el rendimiento (Al-Dhabi et al., 2016). La relación establecida fue de 1:15 g/mL de SCG: solvente. Conociendo que, para el solvente se establecieron cinco relaciones etanol 99.9%:2-propanol como se muestra en la Tabla 2, además se realizó cada ensayo por cuatriplicado. Posteriormente, se realizó una filtración al vacío con cada una de las relaciones mediante el uso de una bomba al vacío Welch modelo 2534B-01 para separar la borra del líquido extraído.

Tabla 2*Relaciones de extracción de los solventes*

Ensayo	Relación	Etanol (mL)	2-Propanol (mL)
1	90-10	13.5	1.5
2	80-20	12	3
3	70-30	10.5	4.5
4	60-40	9	6

5 50-50 7.5 7.5

2.2.1 Evaporación

Dado que el aceite extraído contenía etanol y 2-propanol, fue necesario evaporar estos solventes para utilizar únicamente el aceite como ingrediente en una crema corporal y reutilizar los solventes para otra extracción como se observa en la Figura 4. Para ello, se empleó un rotavapor BÜCHI Labortechnik modelo R-125 donde se trabajó a temperaturas bajas. Debido al sistema de vacío, mediante el uso de una bomba V-700 y un chiller B-741 de BÜCHI Labortechnik, se redujo los puntos de ebullición del etanol (78°C) y del 2-propanol (82.3°C) a aproximadamente 175 y 65 mbar, respectivamente, a 60°C. Se seleccionó el valor más bajo para asegurar la completa evaporación de ambos solventes.

Figura 4

Procedimiento de obtención de aceite con las cinco relaciones



Nota: Se realizó el método de extracción asistido por ultrasonido con las cinco relaciones y 1g de SCG. Después, se lleva la muestra a un rotavapor donde se obtiene el aceite extraído y solvente recuperado.

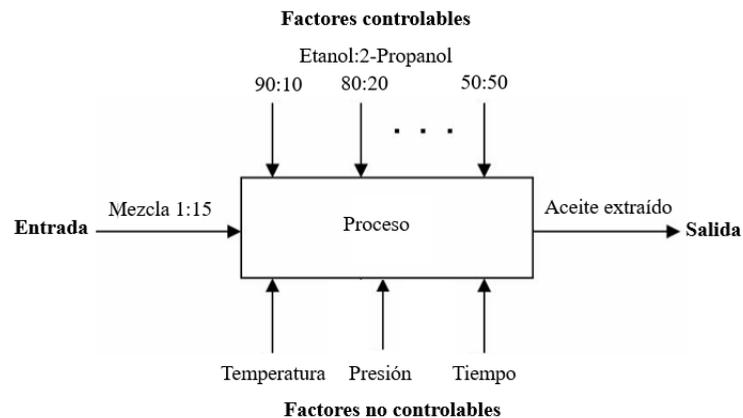
Este procedimiento se llevó a cabo para las cinco relaciones previamente establecidas con el objetivo de determinar aquella que presenta el mayor rendimiento, utilizando para ello la siguiente ecuación:

$$Rendimiento = \frac{\text{masa del matraz con aceite} - \text{masa del matraz vacío}}{\text{masa de borra seca}} * 100 [\%] \quad (2.2)$$

El modelo general de este proceso establece que la entrada corresponde a una mezcla compuesta por 1 g de SCG y 15 mL de solventes. Las variables controlables incluyen las cinco relaciones específicas de etanol:2-propanol, cada una evaluada por cuatriplicado. Por otro lado, las variables no controlables comprenden la presión, temperatura y el tiempo empleado tanto en el baño de ultrasonido como en el rotavapor. La salida del sistema es el aceite extraído, tal como se ilustra en la Figura 5.

Figura 5

Modelo general del proceso



Con los datos de rendimiento obtenidos, se llevó a cabo un análisis estadístico mediante ANOVA para evaluar si existían diferencias significativas entre los rendimientos de las distintas relaciones. El criterio de decisión utilizado fue el nivel de significancia ($\alpha=0.05$) con el valor de p . Como p resultó ser menor que α , se rechazó la hipótesis nula (H_0), que planteaba la ausencia de diferencias significativas entre las relaciones, es decir, que todas eran iguales. Esto permitió aceptar la hipótesis alternativa (H_a), que establecía que al menos una relación era significativamente

diferente de las demás. Posteriormente, se aplicó la prueba de Tukey para identificar específicamente cuál de las relaciones mostraba una diferencia significativa y seleccionar la más adecuada.

El procedimiento de extracción y evaporación se repitió utilizando la relación con mayor eficiencia, incorporando diferentes cantidades de SCG, como se detalla en la Tabla 3 empleando el procedimiento de análisis estadístico previamente mencionado como se muestra en la Figura 6. Cada condición experimental se realizó por cuatuplicado para avalar la reproducibilidad de los resultados. Con ello, se verificó con cual de dichas cantidades se obtiene mayor calidad de aceite analizándolo de forma visual y rendimiento como se puede visualizar en el Apéndice B.

Figura 6

Modelo general del segundo proceso

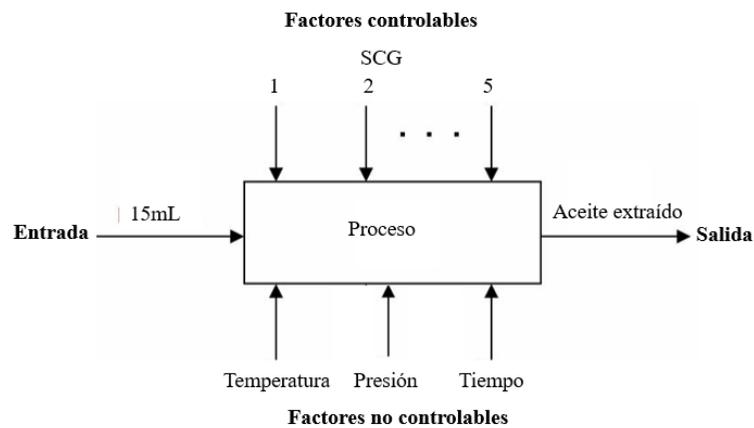


Tabla 3

Diferentes relaciones de SCG

Ensayo	Relación (SCG:Solvente)
6	2:15
7	3:15
8	4:15
9	5:15

2.3 Caracterización del aceite

Dado que el aceite extraído se incorporó en la formulación de una crema corporal, es fundamental que cumpla varios parámetros de calidad con el fin de que sea adecuado para la piel. Siendo estos parámetros: densidad aparente, índice de refracción por refractómetro, índice de pH, capacidad antioxidante, flavonoides totales y perfil polifenoles.

2.3.1 Densidad aparente

A través del uso de un picnómetro de 10mL, se determinó la densidad aparente tanto del aceite extraído como de la mezcla de solventes después de la filtración al vacío del SCG. Este es un parámetro clave para evaluar la calidad, pureza y composición del aceite. La fórmula empleada para este cálculo se describe a continuación:

$$\rho_{aparente} = \frac{\text{masa picnómetro}}{\text{volumen picnómetro}} \left[\frac{g}{mL} \right] \quad (2.3)$$

2.3.2 Espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier

Respecto a la Espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR), se realizó la prueba para detectar las propiedades bioactivas, analizando los compuestos fenólicos y antioxidantes presentes. La muestra fue analizada en el rango del infrarrojo, obteniendo un espectro que brinda información detallada sobre los compuestos presentes.

Para realizar esta técnica, se colocó de 5 – 6 gotas de la muestra en la placa hasta que se cubra totalmente, se operó el equipo de espectroscopía FTIR de marca Thermo Scientific. El equipo generó el espectro resultante y lo comparo con 2 espectros similares que se encuentran almacenados en su biblioteca interna.

2.3.4 Índice de refracción por refractómetro

Se midió el índice de refracción del aceite extraído utilizando un refractómetro Abbe de ATAGO que funciona mediante el reflejo de la luz en el aceite en la cual si se desvía se obtuvo un producto con menor pureza. Por lo cual, colocando 1 gota de la muestra a temperatura ambiente se conoció si el aceite es adecuado ya que este indica la pureza y calidad. Además de contribuir a la estabilidad, consistencia y eficacia en la formulación de la crema corporal.

2.3.5 Índice de pH

Se determinó el pH de la mezcla de SCG:solvente y del aceite obtenido, empleando tiras indicadoras de pH debido a que es una sustancia no acuosa, es decir, no contiene agua en cantidades suficientes para permitir la medición directa con un pHmetro. Estos valores se evaluaron para garantizar la compatibilidad del aceite con el pH fisiológico de la piel, confirmando su idoneidad para su inclusión como ingrediente en la formulación de la crema corporal.

2.3.6 Actividades antioxidantes

El análisis de actividades antioxidantes se llevó a cabo con el apoyo del CIBE (Centro de Investigaciones Biotecnológicas del Ecuador) con la metodología de acuerdo con Viteri et al. (2021). Se prepararon duplicados de la muestra mediante una disolución de 0.1 g en 10 mL de una mezcla compuesta por 9.95 mL de metanol y 0.05 mL de dimetilsulfóxido.

2.3.6.1 Capacidad antioxidante. Se determinó mediante el método espectrofotométrico con DPPH (2,2 – difenil – 1 – picrilhidrazilo) disuelto en metanol a través de la disminución de la absorbancia de este a 517 nm reposando en la oscuridad por 30 minutos en cada ensayo. Se halló el porcentaje de inhibición con la ecuación 2.4 para realizar la curva de calibración con diferentes concentraciones de la solución madre de Trolox.

$$\text{Porcentaje de inhibición} = \frac{Abs_{patrón} - Abs_{control}}{Abs_{patrón}} * 100 \quad (2.4)$$

Posteriormente, se usó como muestra 50 μL del extracto y 150 μL de DPPH con metanol para obtener resultados en mg de Trolox/L mediante la ecuación de la recta hallada.

2.3.6.2 Flavonoides totales. Además, se determinaron los flavonoides totales utilizando quercetina como referencia a 415 nm empleando 50 μL de extracto, 10 μL de acetato de sodio 1 M y 10 μL de solución de nitrato de aluminio al 10 % incubados en la oscuridad por 30 minutos. Los resultados obtenidos se expresaron en mg de quercetina (Q)/L utilizando la curva de calibración de concentración vs absorbancia.

2.3.6.3 Perfil de polifenoles. Se empleó 20 μL del extracto, 100 μL del reactivo de Folin-Ciocalteu diluido (1:10 v/v), y 80 μL de etanol incubada durante 60 minutos a temperatura ambiente para la identificación de compuestos polifenólicos expresado en mg de ácido gálico (GAE)/L a 760 nm, utilizando la curva de calibración de concentración vs absorbancia. Mientras que, los análisis mediante HPLC marca Waters Arc con detector DAD revelaron la presencia de compuestos como: quercetina, naringenina, cafeína, ácido clorogénico, ácido cafeico, rutina, xantina y ácido gálico. La detección se realizó ajustando la longitud de onda a los máximos de absorción específicos de cada compuesto, principalmente a 280 nm y 320 nm, según corresponda. Esta metodología permitió una cuantificación precisa de los polifenoles totales y específicos presentes en el aceite de café.

2.4 Formulación de la Crema corporal

Se realizó varias formulaciones como se refleja en el Apéndice D a diferentes concentraciones. En la primera formulación, la fase acuosa se disolvió el bórax en el agua destilada a 67°C hasta obtener una solución homogénea. Simultáneamente, los ingredientes de la fase oleosa se calentaron a 65°C hasta alcanzar su estado líquido.

Ambas fases se vertieron en vasos de precipitación y se mantuvieron a su temperatura en una plancha de calentamiento. Finalmente, se incorporó la fase acuosa en la fase oleosa, agitando la mezcla a 150 RPM en la plancha de calentamiento para asegurar una integración completa durante aproximadamente 15 minutos.

Tabla 4

Primera formulación

Ingredientes	Cantidad (g)
Cera de abeja	10
Vaselina	30
Lanolina	10
Aceite de almendras	17
Agua destilada	25
Bórax	1
Ácido esteárico	3

Al observar que las fases no se integraban equitativamente se realizó agitación manual durante 15 min para la segunda formulación. Además, se derritió previamente la cera de abeja a 62°C en la plancha de calentamiento para tener una única textura.

Tabla 5

Segunda formulación

Ingredientes	Cantidad (g)
Cera de abeja	8
Vaselina	20
Lanolina	10
Aceite de almendras	2
Aceite de coco	15
Agua destilada	25
Bórax	1
Ácido esteárico	3

A partir de la tercera formulación, se optó por elaborar una crema corporal en una cantidad reducida de 10 g para minimizar el consumo de materia prima y desperdicios durante las fases de desarrollo y ajuste de la formulación.

Como se muestra en la Tabla 6, se integró el aceite de SCG para verificar que la combinación de ingredientes sea adecuada y obtener información sobre el color, textura y olor.

Tabla 6

Tercera formulación

Ingredientes	Cantidad (g)
Cera de abeja	1.2
Vaselina	1.6
Lanolina	1.6
Aceite de almendras	0.4
Aceite de coco	2.4
Agua destilada	4
Bórax	0.2
Ácido esteárico	0.4
Aceite de café	0.8

La falta de integración adecuada de la cera de abeja en la mezcla llevó a añadir la fase acuosa mientras la fase oleosa continuaba en calentamiento durante dos minutos, conforme a la formulación presentada en la Tabla 7.

Tabla 7

Cuarta formulación

Ingredientes	Cantidad (g)
Cera de abeja	1.2
Vaselina	1.4
Lanolina	1.6
Aceite de almendras	0.4
Aceite de coco	2

Agua destilada	4
Bórax	0.2
Ácido esteárico	0.4

Al estar totalmente derretida la cera de abeja, se notó que estaba más compacta por lo cual para la quinta formulación se disminuyó dicho ingrediente. Mientras que, en la sexta formulación se agregó el aceite de café al observar una homogeneidad adecuada en la formulación anterior.

Tabla 8

Quinta formulación

Ingredientes	Cantidad (g)
Cera de abeja	0.8
Vaselina	1.4
Lanolina	1.4
Aceite de almendras	0.4
Aceite de coco	2
Agua destilada	4
Bórax	0.2
Ácido esteárico	0.3

Tabla 9

Sexta formulación

Ingredientes	Cantidad (g)
Cera de abeja	0.5
Vaselina	1.2
Lanolina	1.4
Aceite de almendras	0.2
Aceite de coco	1.8
Agua destilada	4
Bórax	0.2
Ácido esteárico	0.3
Aceite de café	1

2.5 Caracterización de la crema corporal

La caracterización de la crema corporal fue evaluada conforme a los lineamientos establecidos por ARCSA (2017), en donde se realizó una serie de pruebas para analizar la composición del producto, así como también las propiedades fisicoquímicas.

2.5.1 Evaluación organoléptica

Se realizaron pruebas organolépticas en condiciones normales para evaluar diversos aspectos del producto, como apariencia, color, olor, textura. La apariencia y el color se evaluaron visualmente, el olor permitió determinar la calidad sensorial de la crema y la textura se analizó para valorar la consistencia y sensación durante su aplicación. Dichas evaluaciones se llevaron a cabo en todas las formulaciones desarrolladas, para identificar cambios en las características sensoriales y monitorear la estabilidad del producto.

2.5.2 Evaluación fisicoquímica

Se realizaron pruebas fisicoquímicas, para asegurar la validez y calidad del producto, evaluando parámetros clave como índice pH y densidad aparente; garantizando tanto la validez como la calidad del producto.

El índice de pH se determinó en un pHmetro marca Oakton pH 510 Series mediante la dilución de 1 g de la crema en 9 mL de agua destilada, siguiendo un procedimiento estandarizado que permitió evaluar la acidez o alcalinidad del producto. Este paso fue fundamental para asegurar que la crema fuera compatible con la piel, ya que un pH fuera del rango fisiológico podría haber alterado la barrera cutánea natural, causando irritación o sequedad. Además, un pH adecuado contribuyó a la estabilidad del producto, evitando el crecimiento microbiano y preservando la eficacia de los ingredientes activos en la formulación. La densidad aparente se determinó mediante

el uso de un picnómetro de 10 ml, empleando el mismo procedimiento utilizado para el análisis del aceite extraído.

2.5.3 Espectroscopía FTIR

Esta técnica fue empleada para verificar si la crema corporal cumple con los parámetros de calidad establecidos, así como para evaluar su funcionalidad usando el mismo procedimiento empleando en el aceite extraído. Esto se logró mediante la identificación de grupos funcionales presentes y estructura molecular de la crema. La muestra fue analizada en el rango del infrarrojo, obteniéndose espectros los cuales brindan información detallada sobre los compuestos presentes, permitiendo verificar la calidad del producto tal como se realizó en el aceite extraído.

2.6 Propuesta del sistema para la elaboración de la crema corporal

Se desarrolló un sistema de producción a mayor escala para la elaboración de crema corporal, diseñado mediante un diagrama de flujo de procesos (PFD) que integra varios equipos clave a una presión atmosférica (1atm). En este, se incorporó una caldera para generar el vapor necesario y un intercambiador de calor que permite obtener agua destilada a la temperatura óptima de procesamiento de manera continua. La caldera garantiza un suministro constante de energía térmica, mientras que el intercambiador de calor asegura el control preciso de la temperatura, evitando fluctuaciones y mejorando la eficiencia térmica. Donde en el intercambiador de calor el agua va por los tubos y el vapor por la carcasa.

2.6.1 Temperatura

Se calculó la temperatura de salida del vapor de la caldera, que ingresó al intercambiador de calor a 140 °C como corriente caliente (h). Esta temperatura fue factible para garantizar un gradiente térmico adecuado entre las corrientes. Mientras que, el agua destilada al ser la corriente

fría (c) ingresó a 25 °C y se calentó hasta 40 °C, alcanzando la temperatura requerida para su uso en el ultrasonido y el rotavapor.

Se determinó la temperatura de salida del vapor igualando los calores sensibles definidos en las ecuaciones 2.5 y 2.6 porque no existe cambio en su estado físico. Donde T_{i1} , es la temperatura de entrada y T_{j2} es la temperatura de salida, en donde i y j correspondieron a las corrientes h y c, respectivamente. El procedimiento permitió determinar con precisión la transferencia térmica, conforme a la ley de conservación de la energía, que establece que el calor cedido por la corriente caliente es igual al calor absorbido por la corriente fría.

$$\dot{Q}_h = \dot{m}Cp_h(T_{h1} - T_{h2}) \quad (2.5)$$

$$\dot{Q}_c = \dot{m}Cp_c(T_{c2} - T_{c1}) \quad (2.6)$$

2.6.2 Velocidad

Se obtuvo la velocidad del agua y vapor que fluye en el intercambiador con la cantidad que ingresa, la superficie del tubo y la densidad del fluido, ya que influye tanto en la transferencia de calor, como en el diseño del equipo. Por lo que, un flujo adecuado mejora el intercambio térmico, evitando problemas por erosión o ensuciamiento y pérdidas de presión. La determinación de este parámetro se realiza empleando la ecuación que se presenta a continuación:

$$\dot{m} = vA_c\rho \quad (2.7)$$

Capítulo 3

3. Resultados y análisis

3.1 Aceite extraído

3.1.1 Análisis estadístico

El análisis de ANOVA realizado para las cinco proporciones evaluadas por cuatriplicado para los solventes y SCG mostraron un valor p de 0.00225286 y 0.00065919 respectivamente, el cual es significativamente menor que el nivel de significancia preestablecido ($\alpha = 0.05$) como se observa en el Apéndice B: Tabla 20 y Tabla 24. Esta evidencia estadística permitió rechazar la hipótesis nula, que postulaba igualdad entre las medias de todas las relaciones evaluadas para cada procedimiento. Como siguiente paso, se aplicó la prueba de Tukey para identificar qué relaciones presentaban diferencias estadísticamente significativas.

De acuerdo con los resultados presentados en el Apéndice B: Tabla 21 y Tabla 25, únicamente los valores de p asociados con la relación 50:50 y 1:15 fueron inferiores al valor alfa. Lo que indica que esta proporción logró extraer una cantidad significativamente mayor de aceite en comparación con las demás relaciones.

Además, para verificar patrones, distribuciones y diferencias entre estas se realizó un diagrama de cajas como se observa en la Figura 7 y 8. Primero, en cuanto los solventes relación 80:20 mostró el rendimiento más bajo, pero con una variabilidad mínima, caracterizada por un intervalo intercuartílico estrecho y una distribución simétrica, lo que sugiere mayor precisión y consistencia en los resultados. Mientras que, la relación 50:50 exhibió el porcentaje más alto, aunque también presentó una mayor variabilidad, evidenciada por un rango intercuartílico amplio y valores extremos que podría comprometer la precisión del proceso.

Dado que el criterio principal fue maximizar la extracción de aceite, se seleccionó dicha relación como la más adecuada, pese a su menor estabilidad, mientras que la relación 80:20 podría considerarse óptima para aplicaciones que requieran mayor consistencia y control del proceso.

Figura 7

Diagrama de cajas de las cinco relaciones de solventes

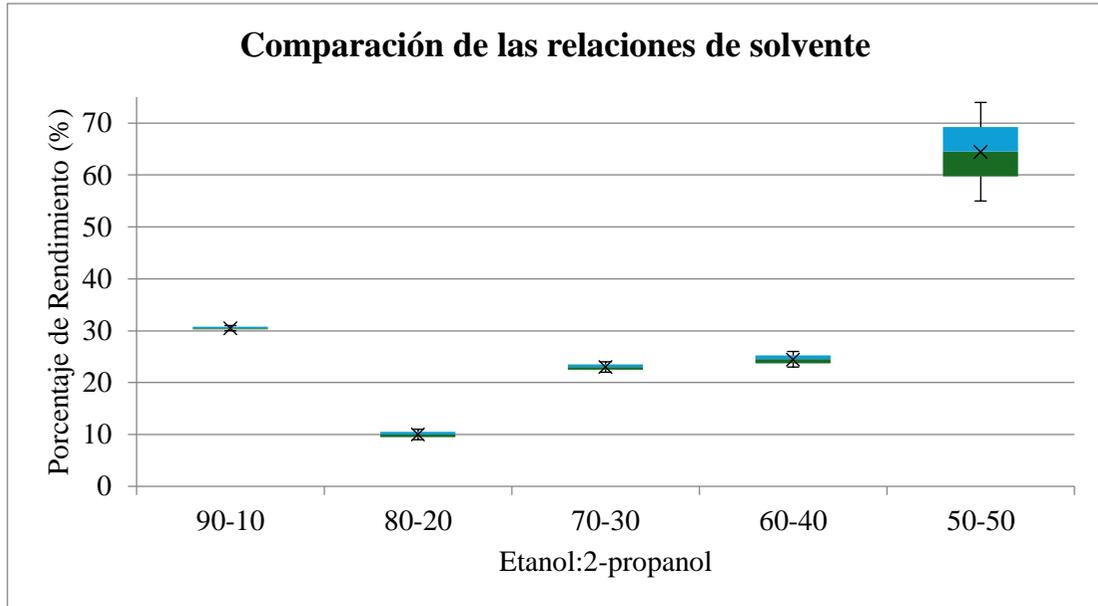
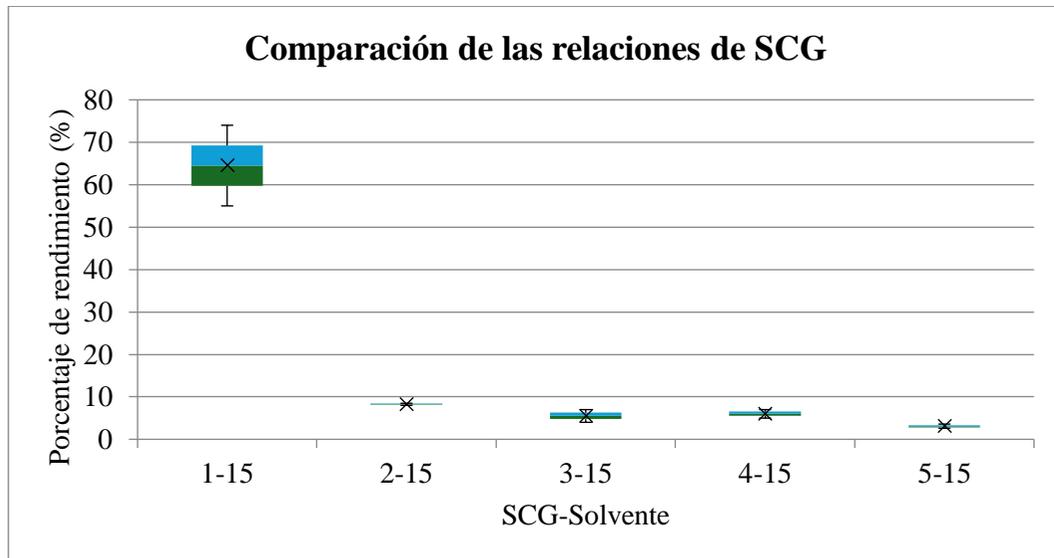
**Figura 8**

Diagrama de cajas de las cinco relaciones de SCG

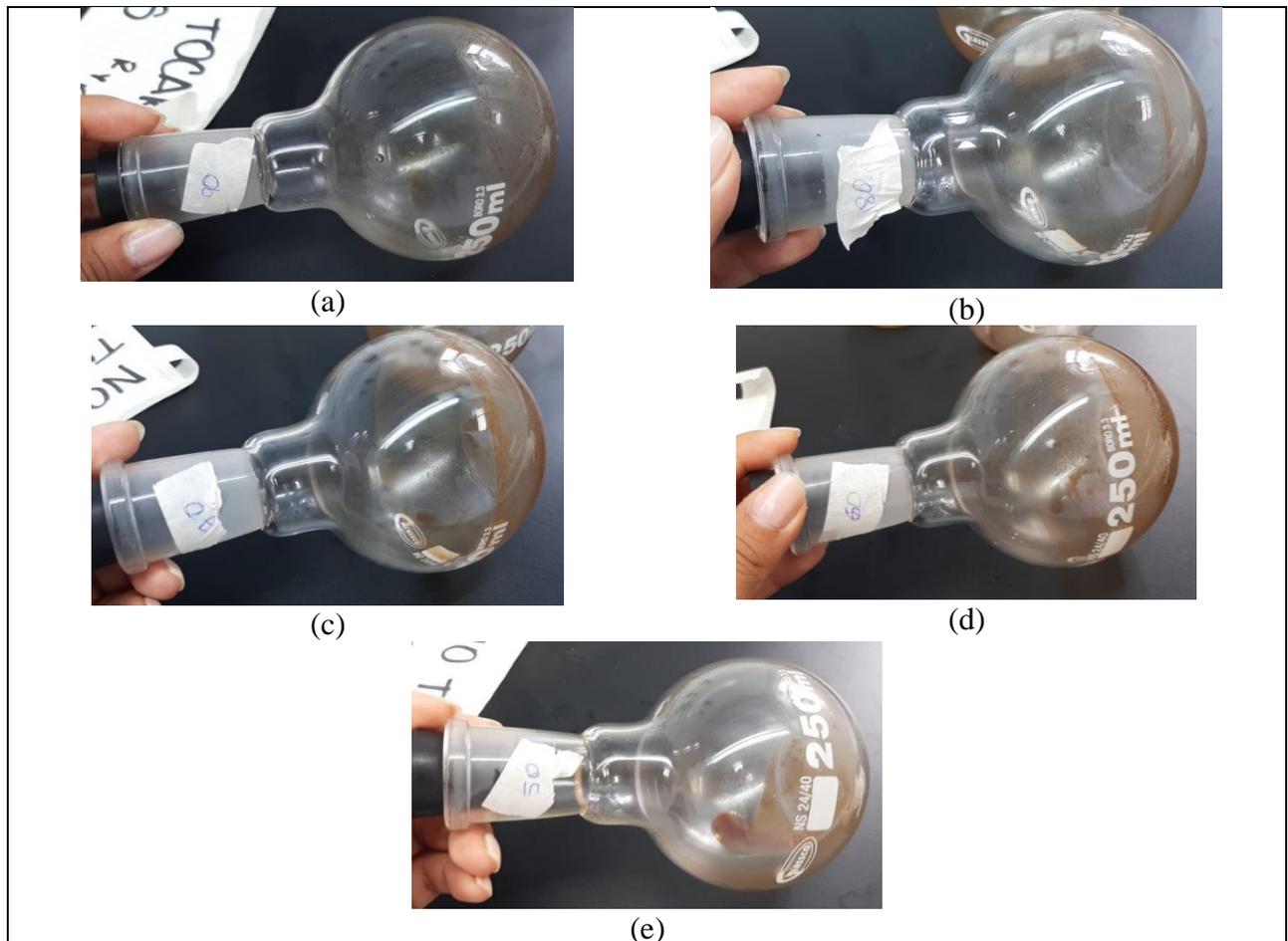


Al aumentar el volumen de 2-propanol se extrajo más aceite debido a su mayor afinidad con los compuestos lipídicos presentes en los SCG como se observa en la Figura 9 donde en la relación 50:50 se visualiza mayor cantidad de aceite extraído. Además, una recuperación del 75% de solventes gracias al uso del rotavapor.

No se realizaron pruebas adicionales en lo que respecta a la relación de 2-propanol:etanol, debido a las implicaciones económicas asociadas al costo más elevado del 2-propanol de \$35 por litro. Un mayor porcentaje de este solvente podría haber mejorado el rendimiento, lo que resaltó la necesidad de equilibrar el rendimiento técnico con la viabilidad económica.

Figura 9

Resultados de las relaciones de solvente



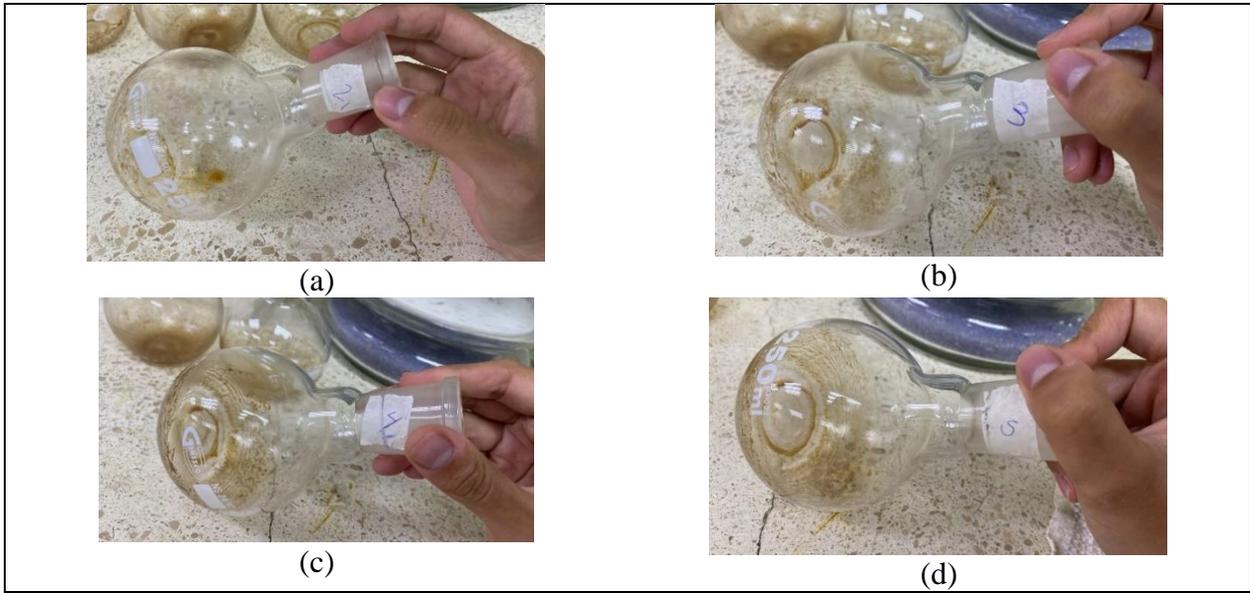
Nota: Las relaciones etanol:2-propanol se clasifican en (a) 90:10, (b) 80:20, (c) 70:30, (d) 60:40 y (e) 50:50 de la primera réplica.

Mientras que, para las cantidades de SCG se observó que el porcentaje de rendimiento disminuyó al incrementarse la masa como también se puede observar en la Figura 10. El

comportamiento se atribuyó a la saturación del sistema solvente, en el que una mayor cantidad de SCG excedió la capacidad de solubilización.

Figura 10

Resultados de la extracción con relaciones de SCG



Nota: Las relaciones de SCG se clasifican en (a) 2, (b) 3, (c) 4 y (d) 5 de la primera réplica.

3.1.2 Caracterización

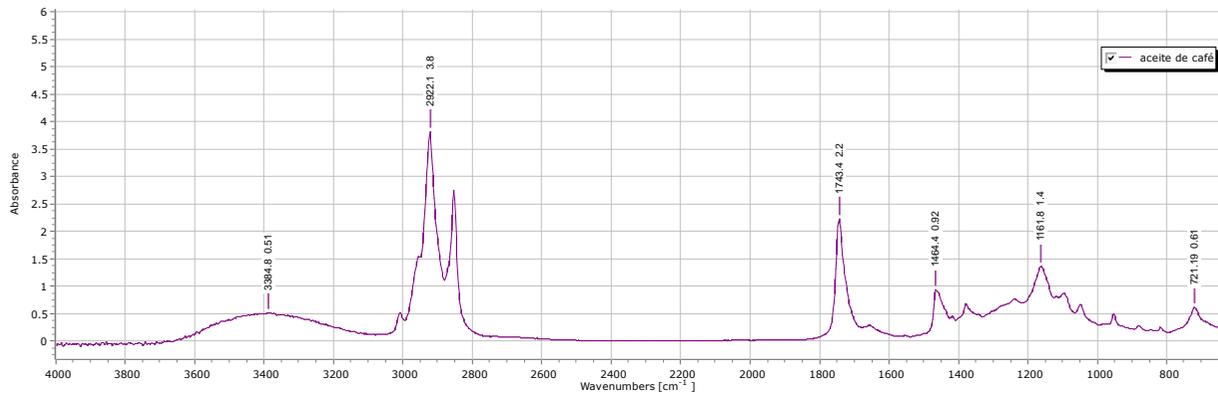
Los resultados obtenidos mediante el uso de tiras de pH indicaron que el aceite presenta un pH neutro por lo que no influye en la barrera protectora de la piel y minimiza el riesgo de una irritación. Mientras que la densidad aparente medida a 25°C fue de 0.87 y 0.89 g/mL para la mezcla y el aceite extraído respectivamente, valores que se mantienen dentro del rango esperado para este tipo de compuestos al comúnmente estar en un valor máximo de 0.892 (Moreno & Rosero, 2006).

El espectro resultante por FTIR se visualiza en la Figura 11, en donde se pudo observar las bandas características que representan su composición. Principalmente la presencia de CH₂ y CH₃ en el pico de 2922 cm⁻¹, la señal en 3280 cm⁻¹ indicó la presencia de grupos hidroxilo (OH), los grupos carbonilo de ésteres fueron evidenciados en la señal 1743 cm⁻¹, la señal en 1018 cm⁻¹ presentó estiramientos de C–O. Finalmente, la última señal registrada en 1743 cm⁻¹ representó el

balanceo de metileno en cadenas largas alifáticas, el cual es característico en triglicéridos y ácidos grasos.

Figura 11

FTIR del aceite



Como se visualiza en la Figura 16 del Apéndice C, los espectros similares con una coincidencia del 92.51% y con 92.38% corresponden a los compuestos *Sorbitan Monooleate* (C₂₄H₄₄O₆) y *Sorbitan Sesquioleate* (C₆₆H₁₀₈O₁₃) respectivamente. Estos son considerados emulsionantes e ingredientes activos en las formulaciones de productos cosméticos. Comúnmente utilizados en cremas de marcas reconocidas por la población, presentes en América, Europa y Asia.

Según Núñez-Correa et al. (2023), el aceite, debido a su naturaleza grasa, presenta un índice de refracción que varía entre 1.46 y 1.50 en el rango de temperaturas de 20 a 25°C. En este contexto, el valor obtenido de 1.4758 a una temperatura de 23.7°C se encuentra dentro del intervalo especificado, lo que valida la consistencia de la medición con respecto a las propiedades ópticas del aceite a dicha temperatura.

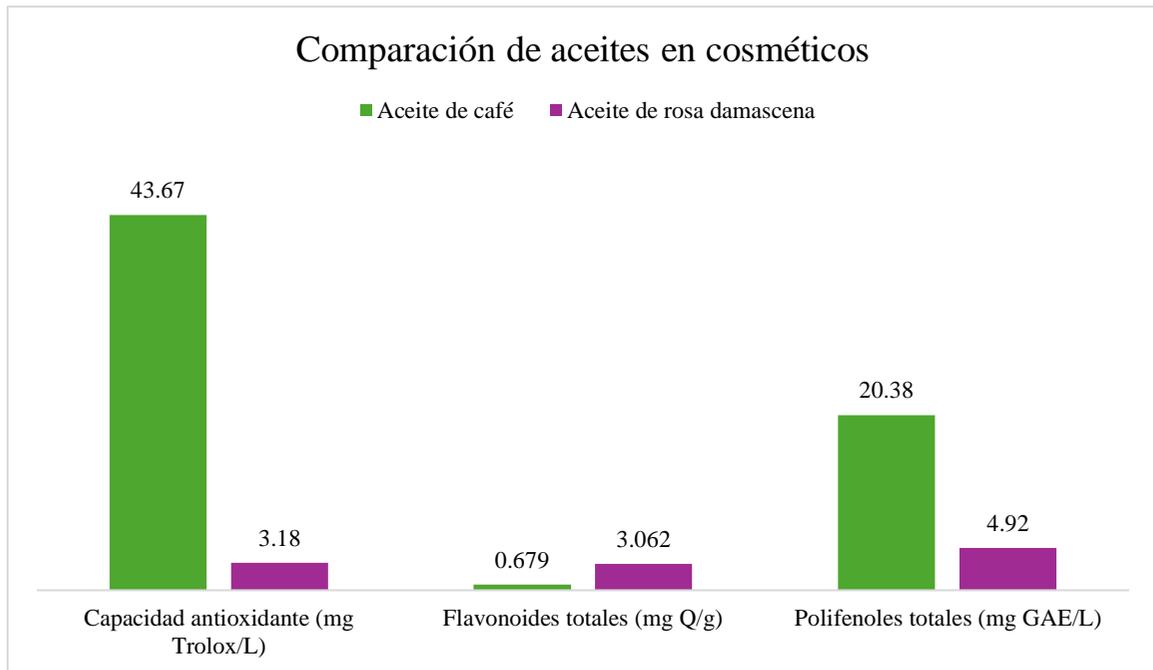
Un ejemplo destacado de aceites naturales es el de la Rosa damascena, originaria de Asia, una especie de rosa utilizada en la producción de aceite esencial debido a sus propiedades aromáticas, medicinales y cosméticas. Destacada por sus beneficios hidratantes, antiinflamatorios, antioxidantes

y antienviejamiento (Ignatov et al., 2022). Se encuentra como uno de los aceites más caros del mundo, ya que se requieren miles de pétalos frescos para obtener pocas gotas de aceite.

En este contexto, se determinó las actividades antioxidantes del aceite de café y se lo compararon con el aceite de la rosa damascena (ARD) como se observa en la Figura 12. Primero, la capacidad antioxidante promedio del aceite de café determinada mediante el método de DPPH, el cual se muestra en el Apéndice C: Tabla 29, fue de 43.67 mg Trolox/L. Superando por más de cinco veces al ARD que presentó un valor de 3.18 mg Trolox/L (Kayahan et al., 2024). Reflejando que el aceite de café destaca por su alta eficiencia antioxidante y su capacidad para neutralizar radicales libres y prevenir procesos de oxidación.

En cuanto a los flavonoides totales (TFC), se obtuvo un valor de 0.679 mg Q/g, el cual es significativamente menor en comparación con la rosa damascena, la cual reporta un valor de 3.062 mg Q/g. A pesar de esta diferencia, este parámetro sigue siendo relevante puesto que contribuye al efecto antioxidante del aceite.

Finalmente, la concentración de polifenoles totales (TPC) fue de 20.38 mg GAE/L, el cual es alto en comparación con los fenoles totales del ARD, que alcanzaron 4.92 mg GAE/L. El resultado obtenido sugiere que el aceite extraído del SCG contiene una cantidad considerable de compuestos bioactivos, es decir, sustancias naturales con propiedades beneficiosas siendo valioso en las aplicaciones cosméticas.

Figura 12*Comparación de aceites en cosméticos*

El análisis del perfil de polifenoles en el aceite presentó una diversidad de compuestos cuantificados mediante HPLC, los cuales corresponden a los estándares disponibles en el equipo utilizado. La Tabla 10 detalla estas sustancias, agrupándolas en ácidos fenólicos, flavonoides y xantinas, con sus respectivas concentraciones y beneficios.

En el grupo de los ácidos fenólicos, se identificaron tres compuestos principales: el ácido clorogénico (0.2665 mg/g), el ácido cafeico (0.2735 mg/g) y el ácido gálico (0.018 mg/g). Tanto el ácido clorogénico como el ácido cafeico se destacan por sus propiedades antiinflamatorias y anticancerígenas, lo que los convierte en componentes esenciales para productos con fines terapéuticos. Por otro lado, aunque el ácido gálico está presente en menor cantidad, contribuye en formulaciones orientadas a la regeneración y protección de la piel.

En el caso de los flavonoides, se registraron la quercetina (0.113 mg/g), la rutina (0.1285 mg/g) y la naringenina (0.014 mg/g). La quercetina y la rutina son reconocidas por su capacidad antioxidante y antiinflamatoria, fundamentales para combatir el estrés oxidativo y promover la

salud cutánea. La naringenina, aunque está en menor concentración, complementa estas propiedades, contribuyendo a una acción sinérgica que potencia la protección celular frente a los efectos de agentes externos. Este conjunto de flavonoides refuerza el valor del aceite como ingrediente funcional en productos para el cuidado de la piel.

Finalmente, en el grupo de las xantinas, la cafeína se posiciona como el compuesto mayoritario, con una concentración de 5.6435 mg/g. Su alto contenido resalta la relevancia de la cafeína como agente antiinflamatorio y estimulante de la microcirculación. En la industria cosmética, la cafeína es altamente valorada por su capacidad para reducir la inflamación, mejorar la firmeza de la piel y promover un efecto tensor, lo que la convierte en un ingrediente clave en productos como cremas corporales y reductoras.

Tabla 10

Perfil de polifenoles

Grupo	Sustancias	mg/g de aceite	Beneficio
Ácidos fenólicos	Ácido clorogénico	0.2665	Antiinflamatorias y anticancerígenas
	Ácido cafeico	0.2735	
	Ácido gálico	0.018	
Flavonoides	Quercetina	0.113	Antioxidante y antiinflamatorio
	Rutina	0.1285	
	Naringenina	0.014	
Xantina	Cafeína	5.6435	Antiinflamatorio

3.2 Crema corporal

Con el aceite extraído caracterizado, se llevó a cabo seis formulaciones de crema a diferentes concentraciones como se observa en el Apéndice D las cuales fueron analizadas tanto física como organolépticamente. La evaluación organoléptica se realizó el mismo día de su producción para analizar características principales como apariencia, color, olor y textura. El mismo análisis se realizó varios días después de elaborar el producto, que se muestran en la Tabla 11 y 12 respectivamente.

Tabla 11*Resultados de la evaluación organoléptica 1*

Número de formulación	Apariencia	Color	Olor	Textura
1	Grumosa	Amarilla	Almendras y vaselina	Oleosa y granulada
2	Grumosa	Blanca	Coco	Pegajosa y granulada
3	Espesa	Café claro	Coco y café	Suave y granulada
4	Rígida y uniforme	Blanca	Coco	Suave
5	Espesa y uniforme	Blanca	Coco	Suave y ligera
6	Uniforme y semilíquida	Café claro	Coco y café	Suave y ligera

Nota: Las evaluaciones se realizaron el día de su producción.

Tabla 12*Resultados de la evaluación organoléptica 2*

Número de formulación	Apariencia	Color	Olor	Textura
1	Grumosa	Amarilla	Almendras y vaselina	Oleosa y granulada
2	Grumosa	Blanca	Coco	Pegajosa, granulada y pesada
3	Espumosa y no homogénea	Café claro	Coco y café	Oleosa
4	Rígida y uniforme	Blanca	Coco	Suave
5	Espesa y uniforme	Blanca	Coco intensificado	Suave y ligera
6	Uniforme y semilíquida	Café claro	Coco y café intensificado	Suave y ligera

Nota: Las evaluaciones fueron realizadas una semana después de su producción.

Tras un periodo después de la elaboración de las cremas, las formulaciones 1 y 2 mantuvieron su consistencia inicial, debido a la cera de abeja que no se derritió completamente. Por otro lado, en la formulación 3 se obtuvo una leve separación de fases, evidenciando que no es conveniente almacenar la crema en envases transparentes. Las Formulaciones 4 y 5, no experimentaron cambios visuales significativos; sin embargo, con el paso del tiempo, el aroma de coco en la formulación 5 se intensificó. En cuanto a la 6ta formulación, no se evidenció alteraciones visuales y, con el paso del tiempo, el olor a café se intensificó, por lo que fue la indicada para realizar a gran escala.

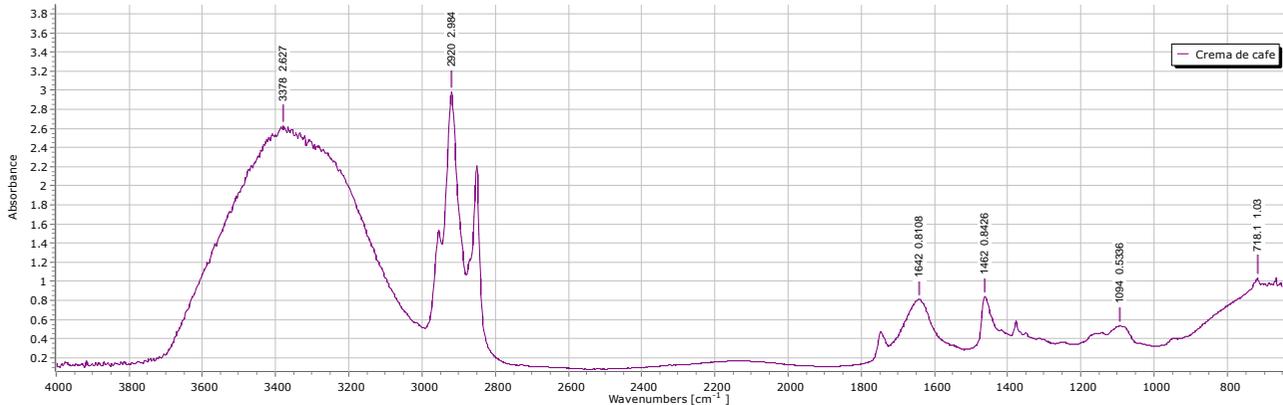
Los resultados obtenidos de la caracterización fisicoquímica de la crema mostraron un pH de 7.6. Este valor se encontró dentro de un rango aceptable para productos de uso corporal, ya que no altera significativamente el equilibrio natural de la piel. La piel sana presenta un pH ligeramente ácido, es decir, menor a 6. Sin embargo, un pH cercano a neutro, como el de la crema evaluada, puede ser adecuado para diferentes tipos de piel, especialmente aquellas más sensibles o con tendencia a la irritación. La densidad aparente obtenida fue de 0.91 g/mL, lo que muestra que la fórmula es ligera, menor al agua, gracias a los aceites que contiene. Por ello, es fácil de esparcir y absorber en la piel, aunque también puede ser más propensa a cambios físicos durante su almacenamiento.

El espectro resultante por FTIR obtenido del análisis de la crema corporal, visualizado en la Figura 13, presentó bandas características que representó su composición, además de presentar compuestos derivados de residuos de café. La destacada señal 3400–3200 cm^{-1} indicó la presencia de agua o alcoholes, seguido por grupos C–H los cuales se encuentran en el rango de 2924 y 2854 cm^{-1} que se asocian generalmente con la presencia de lípidos. La señal entre 1750–1700 cm^{-1} corresponde a los carbonilos presentes indicando la presencia de compuestos aromáticos y antioxidantes. Finalmente, la presencia de grasas, aceites y ésteres son elementos claves en la

producción de la crema por sus componentes bioactivos, este se confirma por las señales registradas entre $1200\text{--}1000\text{ cm}^{-1}$ y $1462\text{--}1375\text{ cm}^{-1}$.

Figura 13

FTIR de la crema corporal



3.3 Propuesta del sistema

3.3.1 Cálculos

3.3.1.1 Temperatura. Se calculo la temperatura de salida de la corriente caliente tomando en cuenta una base de cálculo de 0.04 kg/s para los flujos máscicos de cada corriente. Debido a que se utilizó aproximadamente de manera industrial 130 L en el ultrasonido y 20 L en el baño maría por cada hora.

Además, utilizando la Tabla A-9 del libro de Cengel y Ghajar (2011) se obtuvo el C_p de la corriente fría mediante el promedio de sus temperaturas dando un resultado de 32.5°C y el C_p de la corriente caliente a 140°C .

$$\dot{Q}_h = \dot{Q}_c$$

$$\dot{m}C_p h(T_{h1} - T_{h2}) = \dot{m}C_p c(T_{c2} - T_{c1})$$

$$0.04 \frac{\text{kg}}{\text{s}} * 2244 \frac{\text{J}}{\text{kg K}} * (413 - T_{h2})\text{K} = 0.04 \frac{\text{kg}}{\text{s}} * 4178 \frac{\text{J}}{\text{kg K}} * (313 - 298)\text{K}$$

$$T_{h2} = 385\text{K} = 112^\circ\text{C}$$

La temperatura calculada para el vapor indica un intercambio térmico adecuado, ya que desciende de 140 °C a aproximadamente 112 °C. Esta reducción confirma que el vapor cedió parte de su energía térmica sensible al agua sin experimentar un cambio de fase.

Dado que la temperatura de salida del vapor sigue siendo superior a la temperatura de saturación (100 °C) a presión atmosférica, el vapor permaneció en estado sobrecalentado durante todo el proceso. Esto implica que no ocurrió condensación y, por lo tanto, fue correcto no considerar el calor latente de vaporización en los cálculos térmicos.

3.3.1.2 Velocidad de Flujo. La medida más común para el diámetro externo (D_o) de los tubos de acero inoxidable es de $\frac{3}{4}$ " y un espesor (ϵ) de 14 BWG (Birmingham Wire Gauge), es decir, 0.00211 m. Estos valores son referenciales para calcular el diámetro interno. Además, la densidad se halló con la temperatura promedio entre la entrada y salida para calcular la velocidad media del agua dentro del tubo.

$$\dot{m} = v * A_c * \rho$$

$$v = \frac{\dot{m}}{A_c * \rho} = \frac{\dot{m}}{\frac{1}{4} \pi (D_o - 2\epsilon) \rho}$$

$$v_{agua} = \frac{0.04 \frac{kg}{s}}{\frac{1}{4} * \pi * (0.02 m - (2 * 0.00211 m))^2 * 995 \frac{kg}{m^3}}$$

$$v_{agua} = 0.22 m/s$$

Debido a la alta densidad del agua, no fue necesario obtener una velocidad elevada para transportar el flujo másico especificado. Con una velocidad de 0.22 m/s, se lo clasifica como un flujo lento, que favorece un tiempo de residencia adecuado para la transferencia térmica y minimiza la caída de presión dentro del tubo.

Posteriormente, aplicando el mismo procedimiento para el vapor circulando por la carcasa se obtuvo una velocidad de **0.61 m/s** utilizando una densidad de 1.345 kg/m^3 hallada mediante la temperatura promedio y un diámetro interno de 0.254 m que es habitual para este tipo de equipos.

En este caso, debido a que la densidad es significativamente menor en comparación con el agua, fue favorable un incremento de velocidad. Como resultado, la velocidad de vapor es aproximadamente 2.77 veces mayor que la del agua lo cual es coherente con las diferencias en las propiedades termodinámicas.

3.3.2 Diagrama de flujo de procesos

La propuesta diseñada tiene como propósito la producción de crema corporal utilizando aceite extraído de SCG a escala industrial. Este sistema se divide en cuatro secciones principales que abarcan desde la generación de vapor hasta la formulación de la crema final como se observa en la Figura 14.

En la primera sección, se genera vapor a 140°C mediante una caldera (Q-101) que utiliza diésel como combustible que sale a 112°C con una velocidad de 0.61 m/s. Este vapor se dirige a un intercambiador de calor (E-101), donde calienta agua destilada que ingresa a 25°C elevándola a 40°C a una velocidad de 0.17 m/s. El agua calentada se divide en dos corrientes para ser utilizadas en etapas posteriores del proceso.

La segunda sección abarca el secado del SCG y la extracción del aceite. El SCG húmedo se introduce en un secador de bandejas (S-201), que reduce su contenido de humedad al 6%, operando a 105°C . Luego, en el equipo de ultrasonido (U-201) con una capacidad máxima de 253 L, se mezcla SCG seco con una solución de solventes (50% 2-propanol y 50% etanol) en una proporción 1:15, usando agua a 40°C proveniente del intercambiador durante 35 minutos. Finalmente, la

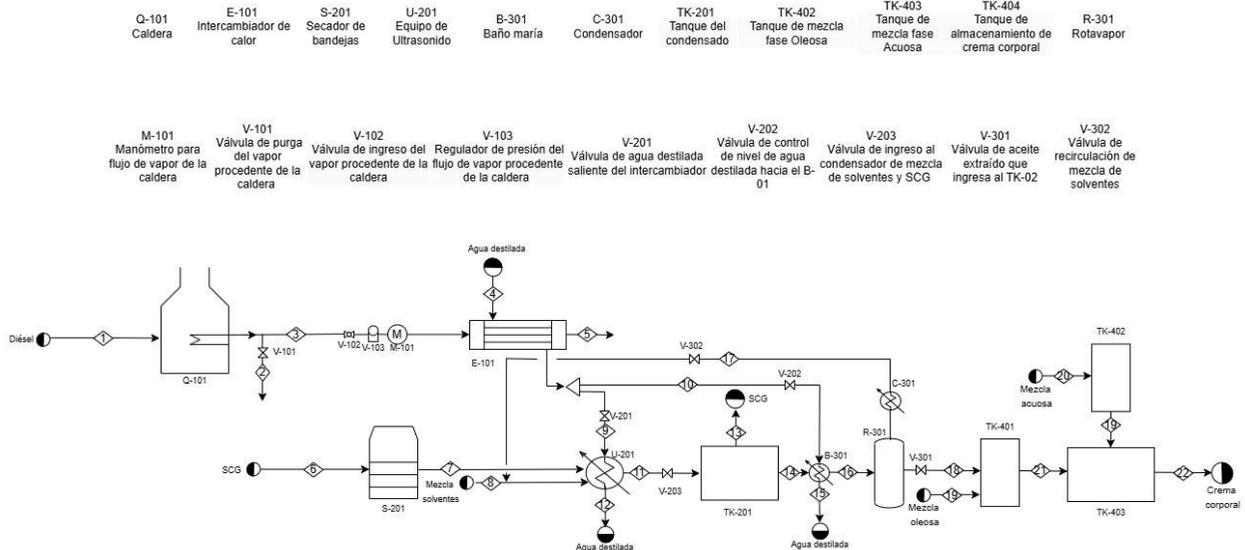
mezcla resultante se somete a una filtración al vacío, separando los sólidos (SCG) de la solución líquida que contiene los solventes y el aceite extraído.

La tercera sección se centra en la recuperación del aceite. La segunda corriente de agua calentada del intercambiador ingresa a un baño maría (B-301) de 6.6 kW, donde se calienta hasta 60°C. Esta agua caliente alimenta el rotavapor de 25 L máximo de muestra (R-301), que opera a 65 mbar para evaporar los solventes de la mezcla líquida, permitiendo así la recuperación del aceite de SCG. Los solventes evaporados son condensados y almacenados para su reutilización en extracciones futuras, asumiendo que se mantiene la proporción 50:50.

En la cuarta sección, se formula la crema corporal. La fase acuosa, compuesta por agua destilada y bórax, se mezcla a 65°C en un tanque específico (TK-403). Por otro lado, el aceite extraído se combina con otros ingredientes oleosos a la misma temperatura en un tanque separado (TK-402). Finalmente, ambas fases se integran en un tanque de mezcla final (TK-404), donde se agitan a 150 RPM durante 15 minutos. Este proceso resulta en la producción de la crema corporal lista para su almacenamiento o distribución.

Figura 14

PFD del sistema propuesto



3.4 Análisis económico

Se utilizó información del INEN 2022 para realizar un análisis económico en mujeres entre 20 y 40 años como mercado objetivo. El estudio se desarrolló en un negocio a escala de laboratorio, considerando únicamente una presentación de crema corporal de 110 mL como referencia.

Se definió una Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento (TMAR) del 19.47%. Los resultados mostraron una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 24%, lo que indicó que el proyecto era rentable y sostenible a largo plazo debido a que supera el valor del TMAR. Asimismo, se calculó un Valor Actual Neto (VAN) de \$20,660.42, reforzando la viabilidad económica de la inversión.

El análisis también determinó que el período de recuperación de la inversión (payback en inglés) se alcanzaría desde el quinto año, según se detalla en la Tabla 13. Este resultado fortifica la sostenibilidad financiera del proyecto a mediano plazo.

Tabla 13

Payback

AÑOS	Saldo de Inversión	Flujo de Caja	Rentabilidad Exigida	Recuperación de Inversión
1	\$ 17,556.70	\$ 101.85	\$ 3,258.52	\$ (3,156.68)
2	\$ 20,713.38	\$ 1,346.30	\$ 3,844.40	\$ (2,498.10)
3	\$ 23,211.48	\$ 1,100.40	\$ 4,308.05	\$ (3,207.66)
4	\$ 26,419.14	\$ 3,986.97	\$ 4,903.39	\$ (916.42)
5	\$ 27,335.56	\$ 5,387.95	\$ 5,073.48	\$ 314.47
6	\$ 27,021.08	\$ 5,305.94	\$ 5,015.11	\$ 290.83
7	\$ 26,730.26	\$ 8,364.19	\$ 4,961.14	\$ 3,403.06
8	\$ 23,327.20	\$ 11,630.55	\$ 4,329.53	\$ 7,301.02
9	\$ 16,026.18	\$ 11,591.69	\$ 2,974.46	\$ 8,617.23
10	\$ 7,408.96	\$ 32,242.42	\$ 1,375.10	\$ 30,867.32

3.4.1 Precios de cremas corporales

La cosmética asiática ha revolucionado la industria de la belleza con productos innovadores y efectivos, que se destacan por usar ingredientes naturales y formulas avanzadas. Su enfoque en rutinas personalizadas y el uso de elementos como el té verde y el ginseng han marcado una nueva forma de entender el cuidado de la piel, estableciendo nuevos estándares de belleza a nivel global.

Cabe destacar que para la crema coreana de ARD, se necesitan aproximadamente 10,000 pétalos de rosa recién recogidos, equivalentes a 250 g, para producir solo 5 ml de aceite esencial, una cantidad significativamente mayor en comparación con el SCG, en donde solo se utilizaron 160g de borra húmeda para producir la misma cantidad de aceite de café.

La estrategia de precio de venta de la crema elaborada con aceite extraído de SCG se fijó en \$15 por unidad de 110 mL, una cifra que busca equilibrar la accesibilidad para el público objetivo con la rentabilidad esperada, asegurando competitividad en el mercado y un retorno adecuado para los inversionistas. En comparación con las cremas coreanas que se muestran en la Tabla 14, que a pesar de estar en tendencia con ventas de más de 10 mil unidades cada mes, tienen precios elevados, que varían entre \$30 y \$95 en presentaciones de 100 mL.

De esta manera se posiciona a la crema del aceite extraído de SCG como una opción competitiva y accesible en el mercado, siendo hasta siete veces más económica que algunas de las alternativas coreanas.

Tabla 14

Comparación económica con cremas corporales comerciales

Producto	Cantidad (mL)	Precio (\$)	Precio por 100mL (\$)
Crema del aceite extraído de SCG	110	15	13.64
Crema coreana de ARD	50	47	94
Crema coreana de café	50	16	31

Capítulo 4

4. Conclusiones y recomendaciones

4.1 Conclusiones

Tras completar todos los procesos relacionados con la valorización de la borra de café para su aprovechamiento en la formulación de un producto cosmético a escala de laboratorio, se concluye que:

- Primero, la elaboración de la crema corporal a partir del aceite extraído del café proveniente de los SCG demostró ser una forma eficaz de aprovechar este residuo. El producto final presenta destacadas propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y promueve la elasticidad y suavidad de la piel con alta factibilidad económica. Fomentando la sostenibilidad ambiental mediante la reutilización de materiales desechables con beneficios intrínsecos y generando un impacto positivo en el ámbito ecológico. Contribuyendo al desarrollo de cosméticos innovadores, funcionales y comprometidos con el cuidado del medio ambiente.
- Además, los análisis físicos y fisicoquímicos realizados al aceite extraído revelaron un pH de 7, mostrando una similitud superior al 92% con aceites cosméticos comerciales y una actividad antioxidante más de cuatro veces mayor que la de un aceite esencial coreano. Además, se controló cuidadosamente la humedad relativa del SCG, manteniéndola por debajo del 6%, lo cual es crucial para evitar la proliferación de microorganismos y garantizar la estabilidad del producto.
- En el desarrollo de la crema cosmética a partir del aceite extraído de la borra de café, se definieron condiciones operativas precisas que garantizan la calidad, estabilidad y reproducibilidad del producto final. La extracción asistida por ultrasonido, realizada a 40 °C durante 35 minutos, alcanzó un rendimiento óptimo del 64 %, según análisis estadísticos,

utilizando una mezcla 50:50 de etanol y 2-propanol con una proporción de 1 g de SCG por 15 mL de solvente. Para la formulación de la crema, la fase acuosa se calentó a 67 °C y la fase oleosa a 65 °C, logrando una completa disolución de los componentes en cada fase. Ambas fases se integraron mediante un proceso de emulsificación a 150 RPM y 65 °C durante 2 minutos iniciales, seguido de 13 minutos de agitación continua, obteniendo una emulsión homogénea y estable. Con estas condiciones se cumplen los requerimientos técnicos necesarios para asegurar la funcionalidad del producto y servir como base para su escalamiento futuro.

- Finalmente, se realizaron pruebas fisicoquímicas y organolépticas del producto, considerando que la última se llevó a cabo tanto el día de su elaboración como una semana después. Los resultados indicaron un pH de 7.6, un aroma persistente a coco y café, y una textura ligera y agradable al tacto. Dichas características fueron obtenidas siguiendo estrictamente las normativas establecidas en la ISO 22716:2007, INEN 2867:2015 y ARCSA, garantizando la calidad del producto, su seguridad y cumplimiento con los estándares internacionales y nacionales en la industria cosmética.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda evaluar la estabilidad física y química de la crema durante 90 días en condiciones controladas de temperatura como 4°C y 40°C. Con estas pruebas, se debe analizar los cambios en pH, densidad aparente, textura, color y olor, además de posibles separaciones de fases. También se sugiere realizar ciclos de congelación-descongelación y exposición a la luz para simular condiciones de almacenamiento reales.

- Además, investigar nuevas formulaciones para el cuidado capilar y bálsamos labiales aprovechando sus propiedades antioxidantes e hidratantes. Dichas aplicaciones ampliarían el mercado potencial del ingrediente, promoviendo prácticas sostenibles y ecológicas.
- Por último, realizar análisis microbiológicos para la detección de patógenos específicos y la cuantificación de la carga microbiana total, garantizando la seguridad e inocuidad del producto. Las pruebas permitirán verificar el cumplimiento de los estándares de calidad microbiológica requeridos en productos cosméticos.

Referencias

- Agencia Nacional de Vigilancia Sanitaria. (2017). *Especificaciones fisicoquímicas, organolépticas y microbiológicas para los productos cosméticos de bajo riesgo* (IE-C.2.2-COS-02). <https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/03/Instructivo-Externo-especificaciones-f%C3%ADsico-qu%C3%ADmicas-organol%C3%A9pticas-y-microbiol%C3%B3gicas-cosm%C3%A9ticos-de-bajo-riesgo.pdf>
- Al-Dhabi, N. A., Ponmurugan, K., & Jeganathan, P. M. (2016). Development and validation of ultrasound-assisted solid-liquid extraction of phenolic compounds from waste spent coffee grounds. *Ultrasonics Sonochemistry*, 34, 206–213. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2016.05.005>
- Ansori, N. I., Zainol, M. K., & Zin, Z. M. (2021). Antioxidant Activities of Different Varieties Of Spent Coffee Ground (SCG) Extracted Using Ultrasonic-Ethanol Assisted Extraction Method. *Universiti Malaysia Terengganu Journal of Undergraduate Research*, 3(3), 33–42. <https://doi.org/10.46754/umtjur.v3i3.215>
- Aparamarta, H. W., Gunawan, S., Ihsanpuro, S. I., Safawi, I., Bhuana, D. S., Mochtar, A. F., & Noer, M. y. I. (2022). Optimization and kinetic study of biodiesel production from nyamplung oil with microwave-assisted extraction (MAE) technique. *Heliyon*, 8(8), e10254. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10254>

- Ballesteros, Y. (2021). *Consumidor: cinco ideas para reutilizar los residuos de café*. Perfect Daily Grind Español. <https://perfectdailygrind.com/es/2022/03/25/ideas-para-reutilizar-residuos-de-cafe/>
- Bellomo, J. (2024). *ISO 22716: Guía de cosméticos con GMP - Registrar Corp*. Registrar Corp. <https://www.registrarcorp.com/es/blog/cosmetics-es/iso-22716-es/gmp-for-cosmetics/>
- Burgos-Arcos, Carlos Leonel, & Sablón-Cossío, Neyfe. (2022). Evaluación de las alternativas del empleo de la biomasa lignocelulósica del café en Chimborazo. *Ingeniería Industrial*, 43(1), 21-36. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59362022000400021&lng=es&tlng=es.
- Çengel, Y., Ghajar, A. (2011). *Transferencia de calor y masa*. McGraw-Hill Education Limited.
- Coffee, B. (2021). *5 Companies reusing coffee waste to create luxury products*. Best Coffee. <https://www.bestcoffee.guide/blogs/sustainability-in-coffee/5-companies-reusing-coffee-waste-to-create-luxury-products>
- Expert Market Research. (2024). *Mercado de cosméticos naturales, informe, análisis 2024-2032*. <https://www.informesdeexpertos.com/informes/mercado-de-cosmeticos-naturales>
- Forcina, A., Petrillo, A., Travaglioni, M., Di Chiara, S., & De Felice, F. (2023). A comparative life cycle assessment of different spent coffee ground reuse strategies and a sensitivity analysis for verifying the environmental convenience based on the location of sites. *Journal Of Cleaner Production*, 385, 135727. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135727>
- Gamez, M. J. (2022). *Objetivos y metas de desarrollo sostenible - Desarrollo Sostenible*. Desarrollo Sostenible. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

- Global Market Insights Inc. (2023). *Mercado de cosméticos naturales compartir, análisis & predicción – 2032*. Global Market Insights. <https://www.gminsights.com/es/industry-analysis/natural-cosmetics-market>
- González, J., & Martín, V. (2020). *Evaluación de la extracción de lípidos presentes en la borra de café utilizando un solvente alternativo* [Proyecto Integral de Grado, Fundación Universidad de América].
<http://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/8116/1/6152710-2020-III-IQ.pdf>
- Ignatov, I., Neshev, N., Popova, T. P., Kiselova-Kaneva, Y., Drossinakis, C., Bankova, R., . . . Ignatov, A. I. (2022). Theoretical Analysis of Hydrogen Bonds, Energy Distribution and Information in a 1 % Rosa damascena Mill Oil Solution. *Plant Science Today*, 9(3), 760-765. <https://doi.org/10.14719/pst.1645>
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (2019). *Bioeconomía en la cadena del café: una oportunidad a aprovechar*. Equipo del Programa de Bioeconomía y Desarrollo Productivo del IICA.
<https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/8630/BVE20017762e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Kayahan, S., Gülbağ, F., Kaya, Y., & Altunkanat, H. (2024). Determination of Phenolic, Flavonoid Content and Antioxidant Activity of Oil Rose Products. *Horticultural Studies*, 41(2), 74-81. <https://doi.org/10.16882/hortis.1502851>
- Moreno, M., & Rosero, F. (2006). *Obtención de aceite de café: estudio del proceso de tosti3n, extracci3n con arraste de vapor y prensado a partir de diferentes calidades de grano verde*. Universidad de Nari3o. <https://sired.udenar.edu.co/14502/1/68487.pdf>

- Mofijur, M., Kusumo, F., Fattah, I. M. R., Mahmudul, H. M., Rasul, M. G., Shamsuddin, A. H., & Mahlia, T. M. I. (2020). Resource Recovery from Waste Coffee Grounds Using Ultrasonic-Assisted Technology for Bioenergy Production. *Energies*, *13*(7), 1770. <https://doi.org/10.3390/en13071770>
- Núñez-Correa, S., Pérez-Pastenes, H., Cuevas-Díaz, M. del C., & Guzmán-López, O. (2023). *Extracción de aceites de la borra de café para fines bioenergéticos*. Dialnet. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/9493844.pdf>
- Núñez, M. (2024). *Usos alternativos de la borra de café (Coffea Arabica) como valorización del subproducto en la industria alimenticia*. <https://repository.unad.edu.co/jspui/bitstream/10596/60962/1/Claudianunez.pdf>
- Ramón, C., & Gil-Garzón, M. A. (2021). Efecto de los parámetros de operación de la extracción asistida por ultrasonido en la obtención de polifenoles de uva: una revisión. *TecnoLógicas*, *24*(51), e1822. <https://doi.org/10.22430/22565337.1822>
- Ribeiro, R.C.; Mota, M.F.S.; Silva, R.M.V.; Silva, D.C.; Novaes, F.J.M.; da Veiga, V.F., Jr.; Bizzo, H.R.; Teixeira, R.S.S.; Rezende, C.M. (2024). Coffee oil extraction methods: A review. *Foods*, *13*(16), 2601. <https://doi.org/10.3390/foods13162601>
- Servicio Ecuatoriano de Normalización. (2015). *Productos Cosméticos. Requisitos (2867)*. <https://pdfcoffee.com/n-te-inen-2867-2-pdf-free.html>
- Solomakou, N., Tsafrakidou, P., & Goula, A. M. (2022). Valorization of SCG through Extraction of Phenolic Compounds and Synthesis of New Biosorbent. *Sustainability*, *14*(15), 9358. <https://doi.org/10.3390/su14159358>

- Tingo Proaño, E., & Acosta, R. (2011). Utilización de Residuos de Café Tostado y Molido como Bioadsorbente para la Remoción de Arsénico (V) en Agua. *Química Central*, 2(1), 49–59. <https://doi.org/10.29166/quimica.v2i1.571>
- Viteri, R., Giordano, A., Montenegro, G., & Zacconi, F. (2021). Eucryphia cordifolia extracts: Phytochemical screening, antibacterial and antioxidant activities. *Natural Product Research*, 36(16), 4177–4181. <https://doi.org/10.1080/14786419.2021.1960525>
- United States Department of Agriculture (2024). *Production - Coffee*. <https://fas.usda.gov/data/production/commodity/0711100>

Apéndice A: Caracterización del SCG

Tabla 15

Porcentajes de humedad bandejas grandes

Muestra	Tiempo (h)	Masa aluminio (g)	Masa SCG húmedo (g)	Masa SCG seco con aluminio (g)	Masa SCG seco sin aluminio (g)	Humedad base húmeda (%)
1	3	7.31	72.81	31.58	24.27	66.67
	5		24.27	22.2	14.89	38.65
	8		14.89	20.1	12.79	14.10
	9		12.79	19.6	12.29	3.91
2	3	7.19	42.49	31.69	24.5	42.34
	6		24.5	22.91	15.72	35.84
	9		15.72	21.98	14.79	5.92

Tabla 16

Porcentajes de humedad bandejas pequeñas

Muestra	Masa aluminio (g)	Masa SCG húmedo (g)	Masa SCG seco con aluminio (g)	Masa SCG seco sin aluminio (g)	Humedad base húmeda (%)
1	5.79	32.76	37.81	32.02	2.26
2	5.77	32.02	37.07	31.3	2.25
3	5.80	33.68	38.27	32.47	3.59
4	5.80	35.62	40.31	34.51	3.12
5	5.81	32.4	37.14	31.33	3.30

Nota: Las muestras fueron secadas durante 7 horas.

Apéndice B: Extracción del aceite

Tabla 17

Porcentajes de rendimiento con relaciones de solventes

Relación	Etanol (mL)	2-propanol (mL)	Matraz vacío (g)	Masa matraz con aceite (g)	Masa SCG seca (g)	Rendimiento (%)
90-10	13.5	1.5	115.23	115.54	1	31
			124.74	125.04		30
80-20	12	3	130.6	130.71	1	11
			120.76	120.85		9
70-30	10.5	4.5	124.63	124.85	1	22
			113.51	113.75		24
60-40	9	6	124.74	125	1	26
			124.63	124.86		23
50-50	7.5	7.5	109.97	110.71	1	74
			120.8	121.35		55

Figura 15

Muestra del matraz colector



Nota: Recuperación total del solvente (etanol:2-propanol).

Tabla 18*Porcentajes de rendimiento de SCG*

Relación	Etanol (mL)	2-propanol (mL)	Matraz vacío (g)	Masa matraz con aceite (g)	Masa SCG seca (g)	Rendimiento (%)
50-50	7.5	7.5	124.74	124.91	2	8.5
			124.63	124.79		8
			120.76	120.97	3	7
			121.15	121.27		4
			130.59	130.79	4	5
			113.51	113.79		7
			115.25	115.43	5	3.6
			125.09	125.22		2.6

Tabla 19*Descripción de ANOVA*

Group	Count	Sum	Mean	Variance	SS	Std Err	Lower	Upper
90-10	2	61	30.5	0.5	0.5	4.35315977	19.3098466	41.6901534
80-20	2	20	10	2	2	4.35315977	-1.19015344	21.1901534
70-30	2	46	23	2	2	4.35315977	11.8098466	34.1901534
60-40	2	49	24.5	4.5	4.5	4.35315977	13.3098466	35.6901534
50-50	2	129	64.5	180.5	180.5	4.35315977	53.3098466	75.6901534

Nota: Se utilizo un Alpha de 0.05.

Tabla 20*Resultados de ANOVA*

Sources	SS	df	MS	F	P value	F crit	RMSSE	Omega Sq
Between Groups	3337	4	834.25	22.011873	0.0022528	5.1921677	3.3175196	0.8936707
Within Groups	189.5	5	37.9	4	6	7	6	4
Total	3526.5	9	391.833333					

Tabla 21*Resultados de la Prueba de Tukey*

<i>grou p 1</i>	<i>grou p 2</i>	<i>mean</i>	<i>std err</i>	<i>q-stat</i>	<i>lower</i>	<i>upper</i>	<i>p-value</i>	<i>mean-crit</i>	<i>Cohen d</i>
90-10	80-20	20.5	4.353159 77	4.709222 97	- 4.195475 39	45.19547 54	0.096824 83	24.69547 54	3.329923 5
90-10	70-30	7.5	4.353159 77	1.722886 45	- 17.19547 54	32.19547 54	0.744408 8	24.69547 54	1.218264 69
90-10	60-40	6	4.353159 77	1.378309 16	- 18.69547 54	30.69547 54	0.856406 91	24.69547 54	0.974611 76
90-10	50-50	34	4.353159 77	7.810418 59	9.304524 61	58.69547 54	0.013831 72	24.69547 54	5.522799 95
80-20	70-30	13	4.353159 77	2.986336 52	- 11.69547 54	37.69547 54	0.339775 71	24.69547 54	2.111658 8
80-20	60-40	14.5	4.353159 77	3.330913 81	- 10.19547 54	39.19547 54	0.264670 58	24.69547 54	2.355311 74
80-20	50-50	54.5	4.353159 77	12.51964 16	29.80452 46	79.19547 54	0.001654 44	24.69547 54	8.852723 45
70-30	60-40	1.5	4.353159 77	0.344577 29	- 23.19547 54	26.19547 54	0.998935 95	24.69547 54	0.243652 94
70-30	50-50	41.5	4.353159 77	9.533305 04	16.80452 46	66.19547 54	0.005781 87	24.69547 54	6.741064 64
60-40	50-50	40	4.353159 77	9.188727 75	15.30452 46	64.69547 54	0.006814 31	24.69547 54	6.497411 7

Tabla 22*Resultados del Box Plot*

	90-10	80-20	70-30	60-40	50-50
Min	30	9	22	23	55
Q1	30.25	9.5	22.5	23.75	59.75
Median	30.5	10	23	24.5	64.5
Q3	30.75	10.5	23.5	25.25	69.25
Max	31	11	24	26	74
Mean	30.5	10	23	24.5	64.5

Tabla 23*Descripción de ANOVA 2*

Group	Count	Sum	Mean	Variance	SS	Std Err	Lower	Upper
1-15	2	129	64.5	180.5	180.5	4.33157015	53.3653444	75.6346556
2-15	2	16.5	8.25	0.125	0.125	4.33157015	-2.88465556	19.3846556
3-15	2	11	5.5	4.5	4.5	4.33157015	-5.63465556	16.6346556
4-15	2	12	6	2	2	4.33157015	-5.13465556	17.1346556
5-15	2	6.2	3.1	0.5	0.5	4.33157015	-8.03465556	14.2346556

Nota: Se utilizo un Alpha de 0.05.

Tabla 24*Resultados de ANOVA 2*

Sources	SS	df	MS	F	P value	F crit	RMSSE	Omega Sq
Between Groups	5556.33	4	1389.08	37.017561	0.0006591	5.1921677	4.3021832	0.9350945
Within Groups	187.625	5	37.525					
Total	5743.96	9	638.217					
	1		889					

Tabla 25*Resultados Prueba Tukey 2*

group 1	group 2	mean	std err	q-stat	lower	upper	p-value	mean-crit	Cohen d
1-15	2-15	56.25	4.33157015	12.9860531	31.6770025	80.8229975	0.00139327	24.5729975	9.1825262
1-15	3-15	59	4.33157015	13.6209268	34.4270025	83.5729975	0.0011122	24.5729975	9.63144971
1-15	4-15	58.5	4.33157015	13.5054952	33.9270025	83.0729975	0.00115789	24.5729975	9.54982725
1-15	5-15	61.4	4.33157015	14.1749984	36.8270025	85.9729975	0.00092057	24.5729975	10.0232375
2-15	3-15	2.75	4.33157015	0.63487371	21.8229975	27.3229975	0.98906187	24.5729975	0.4489235
2-15	4-15	2.25	4.33157015	0.51944212	22.3229975	26.8229975	0.99483221	24.5729975	0.36730105
2-15	5-15	5.15	4.33157015	1.18894531	19.4229975	29.7229975	0.90682391	24.5729975	0.84071129
3-15	4-15	0.5	4.33157015	0.11543158	24.0729975	25.0729975	0.999986	24.5729975	0.08162246
3-15	5-15	2.4	4.33157015	0.5540716	22.1729975	26.9729975	0.99340882	24.5729975	0.39178778

4-15	5-15	2.9	4.33157 015	0.669503 18	- 21.672997 5	27.47299 75	0.986709 78	24.57299 75	0.473410 24
------	------	-----	----------------	----------------	---------------------	----------------	----------------	----------------	----------------

Tabla 26

Resultados del Box Plot 2

	1-15	2-15	3-15	4-15	5-15
Min	55	8	4	5	2.6
Q1	59.75	8.125	4.75	5.5	2.85
Median	64.5	8.25	5.5	6	3.1
Q3	69.25	8.375	6.25	6.5	3.35
Max	74	8.5	7	7	3.6
Mean	64.5	8.25	5.5	6	3.1

Apéndice C: Caracterización del aceite extraído

Figura 16

Compuestos similares mediante FTIR

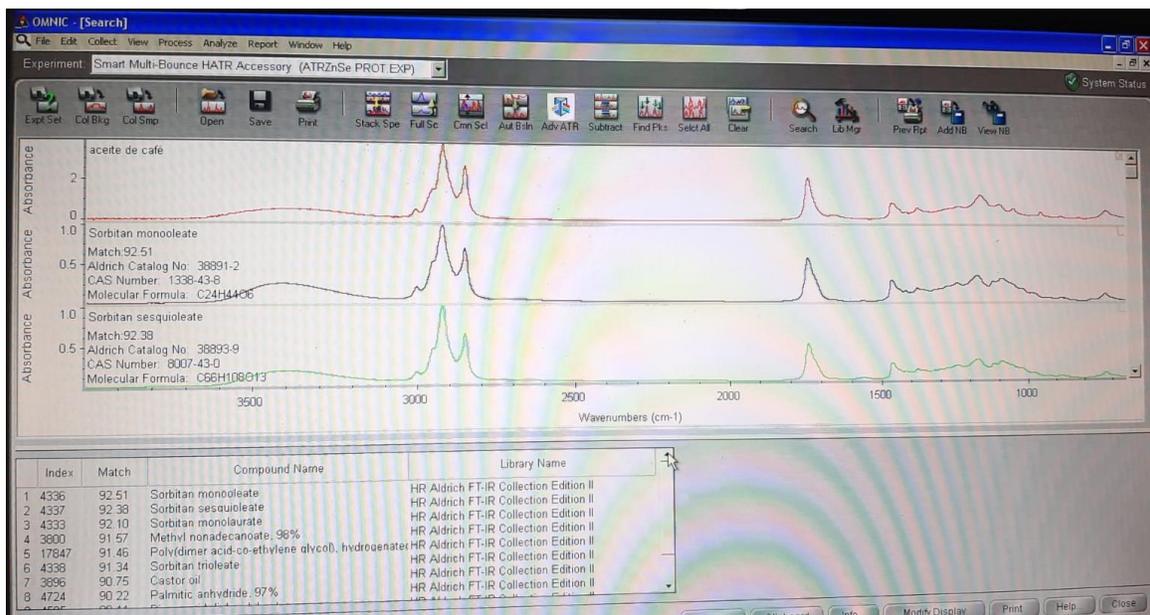
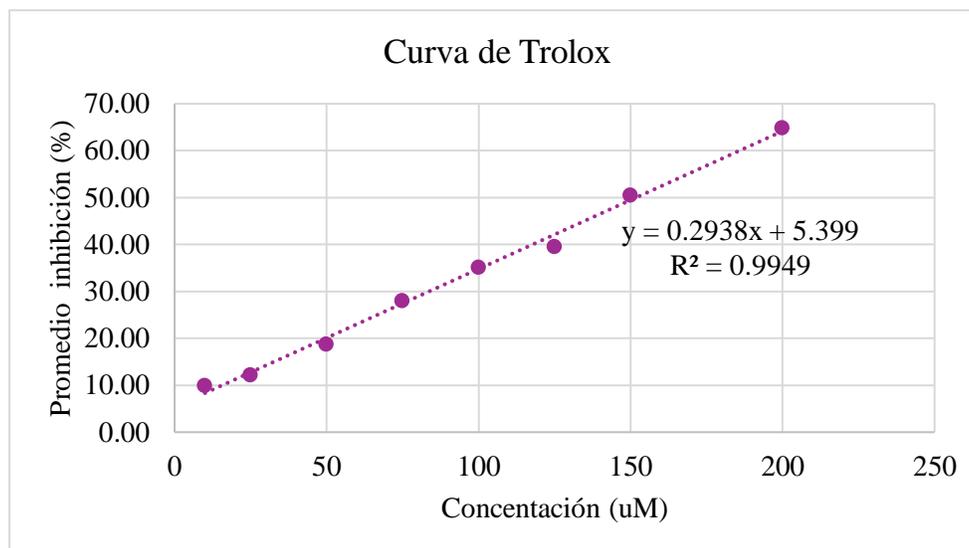
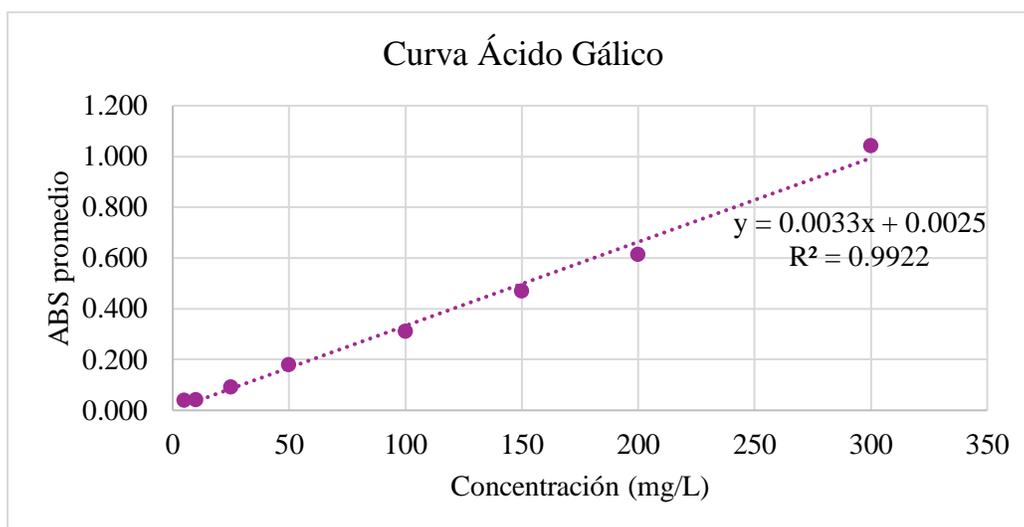


Figura 17*Curva de Trolox***Tabla 27***Concentraciones de la capacidad antioxidante*

Porcentaje de inhibición				Concentración			
% INH 1	% INH 2	% INH 3	% INH 4	(umol Trolox/L) 1	(umol Trolox/L) 2	(umol Trolox/L) 3	(umol Trolox/L) 4
51.05	53.84	52.82	69.18	155.37	164.87	161.41	217.10

Tabla 28*Resultado de la capacidad antioxidante*

	Concentración				Promedio	Desviación estándar	Error estándar
Factor de conversión umol-ug-mg	(mg Trolox/L) 1	(mg Trolox/L) 2	(mg Trolox/L) 3	(mg Trolox/L) 4	(mg Trolox/L)	SD	EE
0.25	38.84	41.22	40.35	54.27	43.67	7.14	3.57

Figura 18*Curva del ácido gálico***Tabla 29***Resultado de los polifenoles totales*

Lectura en el espectrofotómetro				Concentración polifenoles totales				Promedio	Desviación estándar	Error estándar
AB	ABS	ABS	ABS	(mg AG /L)	(mg AG /L)	(mg AG /L)	(mg AG /L)	(mg AG /L)	SD	EE
S 1	2	3	4	1	2	3	4			
0.05	0.08	0.09	0.04	16.29	24.47	27.20	13.56	20.38	6.49	3.25
6	3	2	7							

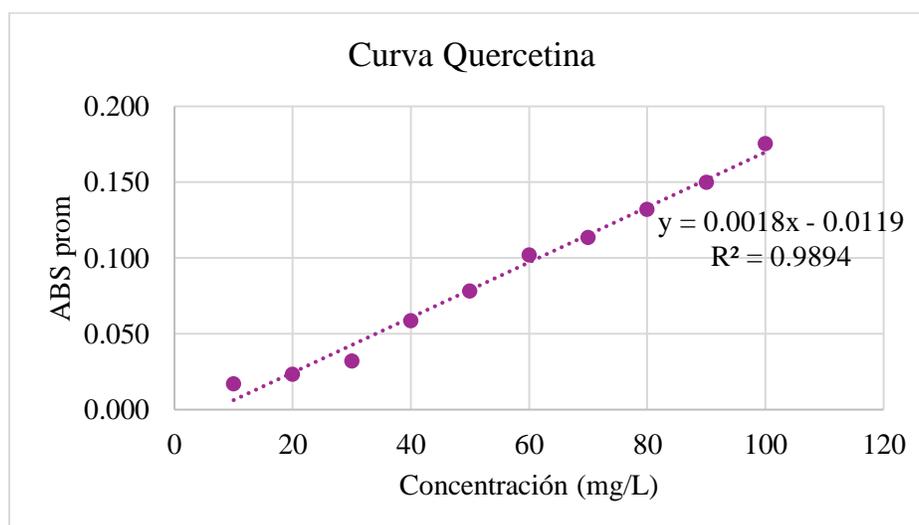
Figura 19*Curva de Quercetina*

Tabla 30

Resultado de los flavonoides totales

Lectura en el espectrofotómetro				Concentración				Promedio	Desviación estándar
ABS 1	ABS 2	ABS 3	ABS 4	(mg Q /L) 1	(mg Q /L) 2	(mg Q /L) 3	(mg Q /L) 4	(mg Q /L)	SD
0.191	0.177	0.171	0.169	6.80	6.79	6.78	6.78	6.78	6.79

Tabla 31

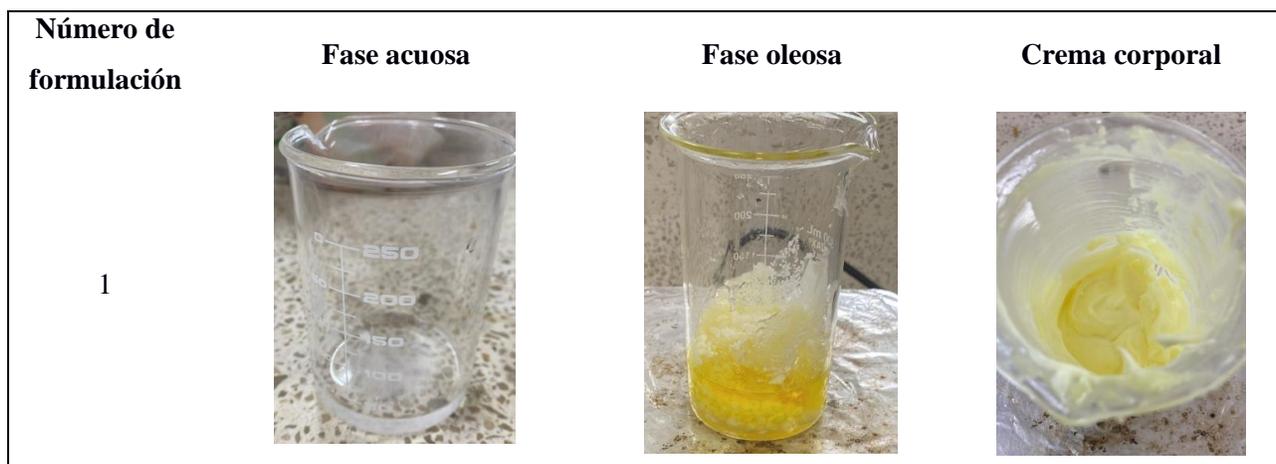
Valores del perfil de polifenoles totales

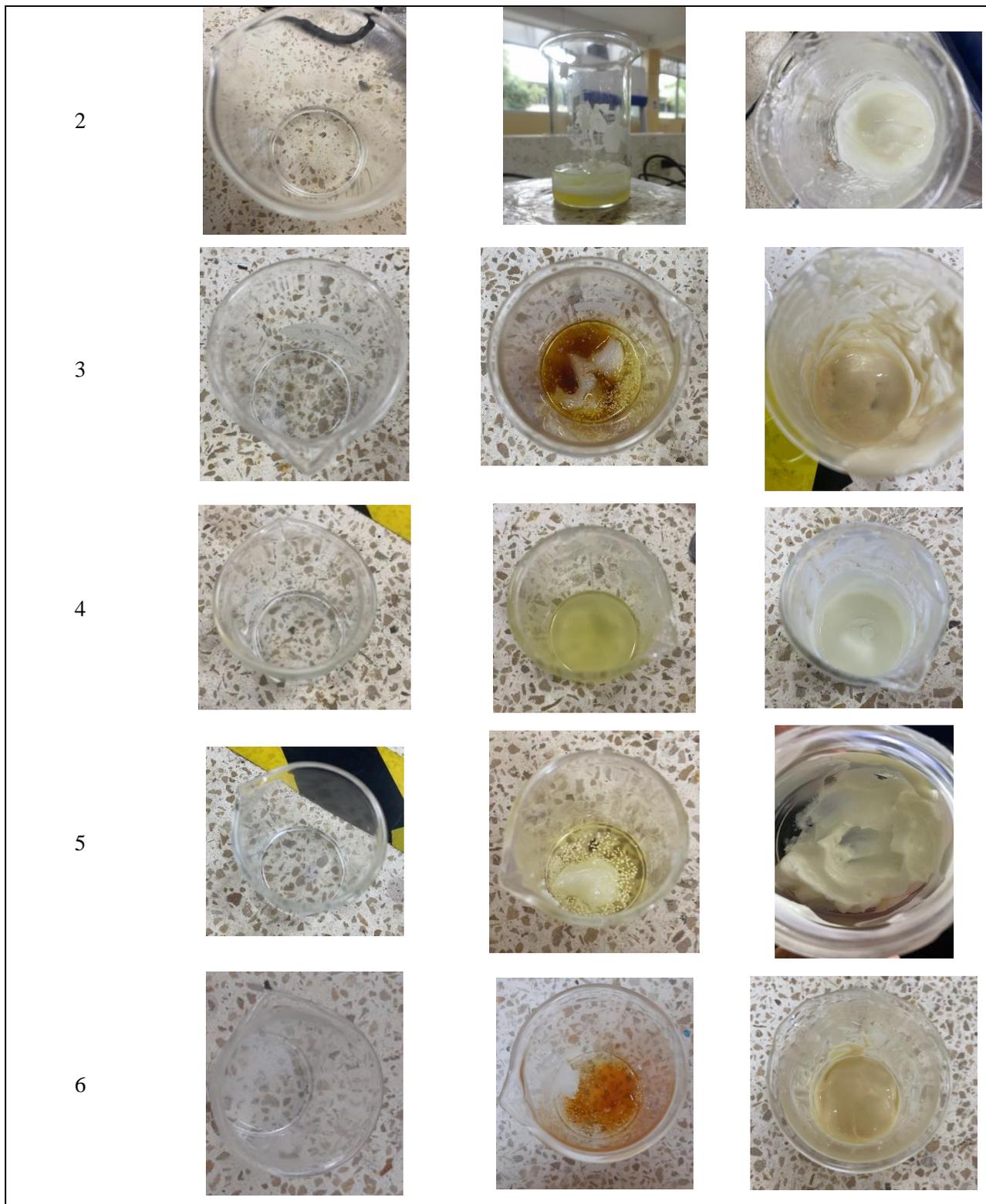
Grupo	Sustancias	mg/g de aceite	
Ácidos fenólicos	Ácido clorogénico	0.268	0.265
	Ácido cafeico	0.278	0.269
	Ácido gálico	0.02	0.016
	Quercetina	0.12	0.106
Flavonoides	Rutina	0.117	0.14
	Naringenina	0.014	0.014
Xantina	Cafeína	5.626	5.661

Apéndice D: Formulaciones de la crema corporal

Figura 20

Formulaciones de la crema corporal





Apéndice E: Protocolo para la elaboración de la crema corporal

PRODUCCIÓN DE UNA CREMA CORPORAL DE COCO Y CAFÉ		Fecha de realización: 22/12/2024
		Versión I
Autores:	Renata Chapelín y Melanie Chóez	
1. Introducción <ul style="list-style-type: none"> • Objetivo: Elaborar una crema corporal a base del aceite extraído de la borra de café para la revalorización de este residuo agroindustrial. • Alcance: Aplicable al área de producción en el laboratorio o planta de cosmética. • Responsables: Personal de producción, control de calidad y supervisores. 		
2. Materiales y Equipos		
2.1. Materias primas <ul style="list-style-type: none"> • Borra de café (SCG) • Solventes: Etanol 99.9% y 2-propanol • Fase acuosa: Agua destilada y bórax • Fase oleosa: Cera de abeja. vaselina. lanolina. aceite de almendras. aceite de coco. ácido esteárico y aceite de café 		
2.2. Equipos y utensilios <ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica • Sorbona • Estufa • Ultrasonido • Rotavapor • Bomba al vacío • Calentadores con control de temperatura • Espátulas y vasos de precipitado • pH-metro y picnómetro 		
3. Preparación previa <ul style="list-style-type: none"> • Verificar que los equipos estén limpios y calibrados. 		

- Desinfectar utensilios y superficies de trabajo.
- Usar equipo de protección personal (bata, guantes, mascarilla).
- Revisar fichas de seguridad de los solventes a usar.

4. Extracción del aceite de café

a. Procedimiento

- Secar la SCG, obtenida el mismo día, en la estufa a 105°C hasta llegar a un 6% de humedad mediante la fórmula:

$$\text{Porcentaje de humedad}_{\text{base húmeda}} = \frac{\text{masa SCG húmeda} - \text{masa SCG seca}}{\text{masa SCG húmeda}} * 100 [\%]$$

- Triturar el SCG seca y envasarla en un recipiente hermético.
- Realizar una mezcla de 1g de SCG en 7.5mL de etanol 99.9% y 7.5mL de 2-propanol en un matraz en el equipo de ultrasonido por 35 minutos a 40°C.
- Al terminar el tiempo, realizar una filtración al vacío para separar el SCG del líquido.
- Llevar el líquido obtenido a un rotavapor a 60 mbar y 60°C de baño maría para separar los solventes del aceite de café.
- Cuando se comience a visualizar burbujas en el aceite extraído detener el equipo y envasar el aceite en un picnómetro.
- Obtener los solventes del matraz recolector para reutilizarlos en extracciones posteriores.

b. Control de calidad

- **Fisicoquímicas:** Medir el pH y densidad aparente.
- **Químicas:** Enviar muestras para realizar un análisis FTIR, índice de refracción por refractómetro, capacidad antioxidante, perfil de flavonoides y perfil de polifenoles.

5. Crema corporal (100g)

a. Procedimiento

- En la fase acuosa, disolver 2g bórax en 40g agua destilada a 67°C hasta que se visualice una solución homogénea.
- En un vaso de precipitación, colocar 5g cera de abeja y calentarla hasta llegar a su estado líquido.

- Colocar 12g de vaselina. 14g de lanolina. 2g de aceite de almendras. 18g de aceite de coco. 3g de ácido esteárico y 10g de aceite de café correspondientes a la fase oleosa y calentarlos a 65°C.
- Colocar la fase acuosa en la fase oleosa mientras sigue en calentamiento y agitar durante 2 minutos a 150 RPM.
- Retirar del calentamiento y seguir agitando durante 13 minutos.

b. Control de calidad

- **Fisicoquímicas:** Medir el pH (rango de 5.5 - 6.5) y densidad aparente final de la mezcla.
- **Organolépticas:** Evaluar la textura. olor y color para cumplir con las especificaciones.
- **Estabilidad:** Realizar pruebas preliminares de estabilidad (centrifugado. temperatura. luz).
- **Químicas:** Enviar muestras para realizar un análisis del perfil de ácidos grasos y FTIR.

6. Envasado

- Verificar la limpieza de los envases.
- Llenar los recipientes con la crema utilizando dosificadores.
- Sellar los envases y etiquetar con lote. fecha de producción y vencimiento.
- Almacenar en lugar fresco y seco. lejos de la luz directa.

Apéndice F: Reporte económico

Figura 21

Precios parciales de la materia prima

		R.U.C.: 0992731397001																																														
COMISARIATO DE QUÍMICOS LA CASA DEL ESPARADRAPO QUINS S.A. Dirección Matriz: LUIS URDANETA 1111-1113 Y MACHALA Y QUITO Local: L1 - LUIS URDANETA Dir Sucursal: LUIS URDANETA 1111-1113 Y MACHALA Y QUITO Teléfono: 0999422969 Correo: notificaciones@lacasadelesparadrabo-ec.com Obligado a llevar contabilidad: Si		FACTURA No. 001-003 -000147293 Número de Autorización: 2210202401099273139700120010030001472931234567718 Ambiente: PRODUCCION Emisión: NORMAL																																														
		CLAVE DE ACCESO:  2210202401099273139700120010030001472931234567718																																														
		Fecha de Emisión: 22/10/2024 Ciudad: CHAPELIN MORA RENATA KARINA Dirección: Alborada 2da etapa		R.U.C. / C.I.: 0924515117 Teléfono: 0939829131 Email: rchapeli@espol.edu.ec																																												
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Codigo</th> <th>Cantidad</th> <th>Descripción</th> <th>Precio Unitario</th> <th>Descuento</th> <th>Precio Total</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>9030424100938</td> <td>1,00</td> <td>LANOLINA LIQUIDA 230 mL</td> <td>3.57</td> <td>0.00</td> <td>3.57</td> </tr> <tr> <td>9020012490015</td> <td>1,00</td> <td>ACEITE ALMENDRA 30 mL</td> <td>0.57</td> <td>0.00</td> <td>0.57</td> </tr> <tr> <td>9030422560109</td> <td>1,00</td> <td>ACIDO ESTEARICO 227 g</td> <td>1.12</td> <td>0.00</td> <td>1.12</td> </tr> </tbody> </table>	Codigo	Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Descuento	Precio Total	9030424100938	1,00	LANOLINA LIQUIDA 230 mL	3.57	0.00	3.57	9020012490015	1,00	ACEITE ALMENDRA 30 mL	0.57	0.00	0.57	9030422560109	1,00	ACIDO ESTEARICO 227 g	1.12	0.00	1.12	Observación: <table border="1"> <thead> <tr> <th>Forma de Pago</th> <th>Valor</th> <th>Plazo</th> <th>Tiempo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>OTROS CON UTILIZACION DEL SISTEMA FINANCIERO</td> <td>6.05</td> <td>0</td> <td>dias</td> </tr> </tbody> </table>		Forma de Pago	Valor	Plazo	Tiempo	OTROS CON UTILIZACION DEL SISTEMA FINANCIERO	6.05	0	dias	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>SUBTOTAL 15%</td> <td>5.26</td> </tr> <tr> <td>SUBTOTAL 0%</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>SUBTOTAL SIN IMPUESTO</td> <td>5.26</td> </tr> <tr> <td>DESCUENTO</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>IVA 15%</td> <td>0.79</td> </tr> <tr> <td>VALOR TOTAL</td> <td>6.05</td> </tr> </tbody> </table>		SUBTOTAL 15%	5.26	SUBTOTAL 0%	0.00	SUBTOTAL SIN IMPUESTO	5.26	DESCUENTO	0.00	IVA 15%	0.79	VALOR TOTAL	6.05
Codigo	Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Descuento	Precio Total																																											
9030424100938	1,00	LANOLINA LIQUIDA 230 mL	3.57	0.00	3.57																																											
9020012490015	1,00	ACEITE ALMENDRA 30 mL	0.57	0.00	0.57																																											
9030422560109	1,00	ACIDO ESTEARICO 227 g	1.12	0.00	1.12																																											
Forma de Pago	Valor	Plazo	Tiempo																																													
OTROS CON UTILIZACION DEL SISTEMA FINANCIERO	6.05	0	dias																																													
SUBTOTAL 15%	5.26																																															
SUBTOTAL 0%	0.00																																															
SUBTOTAL SIN IMPUESTO	5.26																																															
DESCUENTO	0.00																																															
IVA 15%	0.79																																															
VALOR TOTAL	6.05																																															

Figura 22

Precio del aceite de coco



QUIMISARIATO S.A.
Dirección Matriz: AV. QUITO 601 Y LUIS URDANETA (ESQ)
Contacto: 0999004000 - 099-900-4000
CONTRIBUYENTE RÉGIMEN RIMPE EMPRENDEDOR
Obligado a llevar contabilidad: NO
Agente de Retención: NO

R.U.C.: 0993266426001

FACTURA

No. 001-001-000026161

NÚMERO DE AUTORIZACIÓN:

2610202401099326642600120010010000261619846951114

FECHA Y HORA DE 28/10/2024 10:37:18

AUTORIZACIÓN:

AMBIENTE: Producción

EMISIÓN: NORMAL

CLAVE DE ACCESO



2610202401099326642600120010010000261619846951114

Razón Social / Nombres y Apellidos: RENATA CHAPELIN MORA

RUC / CI: 0924515117

Dirección: ALBORADA SEGUNDA ETAPA

Contacto: 0939829131

Fecha Emisión: 26/10/2024

Guía Remisión:

Cód. principal	Descripción	Unidad de Medida	Cantidad	Precio	Dcto.	Porc. Dcto.	Total
01158	ACEITE DE COCO X 1/2 LITRO	G00500	1.00	\$3.1250	\$0.00	0.00	\$3.1250

Información Adicional		
Cod. Cliente:	Z9148	Subtotal 15% : 3.13
Dirección:	ALBORADA SEGUNDA ETAPA	Subtotal 0% : 0.00
Email.:	rchapeli@espol.edu.ec	Subtotal no objeto IVA : 0.00
Forma de Pago:	Contado	Subtotal sin impuestos : 3.13
Vendedor:	OFICINA	Descuento : 0.00
Teléfono(s):	0939829131	IVA 15% : 0.47
		Valor total : \$3.60

Forma de Pago	Valor	Plazo	Tiempo
OTROS CON UTILIZACION DEL SISTEMA FINANCIERO	\$3.60	0	Dias