

**DESARROLLO DE SUERO DESMAQUILLANTE CON VITAMINA C A  
PARTIR DE HIDROLATO DE CÁSCARA DE LIMÓN TAHITÍ**

**ANDREA PAOLA ROMERO PALACIO**

**KEVIN ALBARRACIN VASQUEZ**

**LINA MARÍA CHACÓN RIVERA**

**UNIVERSIDAD EAN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**BOGOTÁ, COLOMBIA**

**2024**

## Índice de contenido

Resumen.....	6
Introducción .....	7
Objetivos.....	8
Objetivo general.....	8
Objetivos específicos .....	8
Definición del problema .....	9
Justificación .....	10
Análisis de requerimientos.....	11
Intención del producto .....	11
Parámetros de diseño .....	12
Estimación de características de diseño .....	13
Marco teórico .....	14
Introducción a la dermocosmética .....	14
Definición y concepto.....	14
Historia y evolución.....	14
Vitamina C.....	15
Antecedentes y producción .....	15
Propiedades y funciones biológicas .....	17
Estabilidad de la vitamina C en productos tópicos .....	21
Usos de la vitamina C en la dermocosmética .....	22

Aceite esencial de limón .....	23
Propiedades .....	24
Usos en productos .....	26
Métodos de extracción .....	26
Sostenibilidad en la industria cosmética .....	28
Innovación tecnológica en productos cosméticos .....	29
Algoritmos de Personalización .....	30
Tecnología para eficacia y seguridad .....	30
Análisis de restricciones .....	31
Ambientales .....	31
Económicos .....	32
Legales .....	32
Salud y seguridad laboral .....	33
Socioculturales .....	33
Definición del diseño de la solución .....	34
Parámetros y especificaciones técnicas .....	34
Estrategias de control de calidad .....	34
Protocolos del software .....	35
Interfaz de usuario intuitiva .....	35
Clasificación del color de piel .....	36
Algoritmo de recomendación .....	36

	4
Planteamiento metodológico.....	38
Materia prima.....	38
Método de extracción.....	38
Proceso de formulación.....	40
Pruebas de eficacia.....	41
Justificación de selección de la alternativa .....	42
Enfoque sostenible .....	42
Calidad del producto.....	42
Viabilidad económica .....	42
Discusión de los Resultados.....	43
Análisis de costos.....	49
Análisis financiero .....	50
Conclusiones.....	52
Referencias.....	54

### **Índice de figuras**

<b>Figura 1</b> Estructuras químicas del ácido L-ascórbico y ácido D-ascórbico.....	16
---	----

<b>Figura 2</b> Síntesis química del ácido ascórbico a partir de glucosa por el método Reichstein.....	17
<b>Figura 3</b> Mecanismo de formación de hidroxiprolina y su influencia en la estabilidad del colágeno .....	18
<b>Figura 4</b> Conversión de ácido ascórbico en ácido deshidroascórbico mediante oxidación .....	20
<b>Figura 5</b> Estructura química de los componentes del aceite de limón de la extracción con prensado en frío.....	24
<b>Figura 6</b> Medición de pH del serum desmaquillante bifásico .....	35
<b>Figura 7</b> Estructura de bienvenida con introducción a la página web .....	36
<b>Figura 8</b> Estructura del formulario según el usuario donde indique que tonalidad de piel .....	37
<b>Figura 9</b> Estructura del algoritmo mostrando el resultado del desmaquillante recomendado para el tono de piel .....	37
<b>Figura 10</b> Montaje de destilación por arrastre de vapor .....	38
<b>Figura 11</b> Diagrama de flujo proceso de destilación por arrastre .....	39
<b>Figura 12</b> Proceso de mezclado de la fase acuosa y oleosa de la formulación.....	41
<b>Figura 13</b> Percepción de la textura del desmaquillante por los usuarios .....	43
<b>Figura 14</b> Eficacia percibida del desmaquillante para remover maquillaje .....	44
<b>Figura 15</b> Percepción del aroma del desmaquillante por los usuarios .....	45
<b>Figura 16</b> Calificación de la hidratación proporcionada por el desmaquillante .....	45
<b>Figura 17</b> Opinión general y disposición a recomendar el desmaquillante .....	46
<b>Figura 18</b> Encuesta de navegación a los usuarios .....	47
<b>Figura 19</b> Opinión general y disposición a recomendar el desmaquillante .....	47

<b>Figura 20</b> Usuario A y B seleccionando su desmaquillante ideal.....	48
<b>Figura 21</b> Análisis de resultados financieros en Software .....	50

### Índice de tablas

<b>Tabla 1</b> Parámetros de diseño del suero dermocosmético .....	12
<b>Tabla 2</b> Estimación de diseño del suero dermocosmético .....	13
<b>Tabla 3</b> Propiedades físicas y químicas del ácido L-ascórbico.....	20
<b>Tabla 4</b> Componentes químicos del aceite de limón derivado de la extracción con prensado en frío.....	24
<b>Tabla 5</b> Propiedades organolépticas del aceite esencial de la cascara de limón .....	25
<b>Tabla 6</b> Métodos de extracción del aceite esencial de limón .....	27
<b>Tabla 7</b> Descripción de los parámetros analizados en el diseño de la solución.....	34
<b>Tabla 8</b> Composición del suero desmaquillante bifásico.....	40
<b>Tabla 9</b> Costos del serum desmaquillante definidos en categorías .....	49
<b>Tabla 10</b> Costos de la página web definidos en categorías.....	50
<b>Tabla 11</b> Aspectos generales del análisis financiero.....	51

### Resumen

El proyecto tuvo como objetivo desarrollar un suero desmaquillante dermocosmético utilizando aceite esencial extraído con hidrolato de cáscaras de limón Tahití. Este enfoque se basó

en la tendencia creciente hacia productos naturales y sostenibles en la industria cosmética. Para la extracción del aceite esencial con el hidrolato, se empleó el método de destilación por arrastre con vapor, que no solo permitió obtener los compuestos bioactivos con sus propiedades antioxidantes y antimicrobianas, sino que también facilitó la conservación de estos componentes para su formulación en productos tópicos.

Se formuló un suero desmaquillante, capaz de competir con productos comerciales existentes, aprovechando los residuos producto de la comercialización del limón Tahití. Además, se desarrolló una página web en donde basado en la tonalidad de la piel del usuario y se recomienda la cantidad óptima de hidrolato a incluir en el desmaquillante, asegurando así una personalización y eficacia en los resultados. Este enfoque no solo contribuyó a la innovación en la dermocosmética, sino que también ofreció una alternativa sostenible al aprovechar residuos agroindustriales en Colombia.

### **Introducción**

En la actualidad, la demanda de productos cosméticos naturales ha experimentado un crecimiento notable, impulsada por un aumento en la conciencia de los consumidores sobre la sostenibilidad y la seguridad de los ingredientes que utilizan en su rutina de cuidado personal. El mercado de belleza y cuidado personal en Colombia alcanzó aproximadamente 10 billones de pesos en 2023, según datos de Euromonitor International reflejando un crecimiento constante con una tasa compuesta anual del 5% en los últimos cinco años. Este incremento se ha visto particularmente marcado en el segmento de productos de belleza naturales y orgánicos, que creció un 15% en el mismo año, motivado por la creciente preocupación de los consumidores por su salud y el impacto ambiental de los productos que utilizan (Ariza, 2024). Entre estos, la vitamina C o ácido ascórbico se destaca como uno de los ingredientes más valorados en la dermocosmética

debido a sus propiedades antioxidantes y su capacidad para promover la síntesis de colágeno, lo que mejora la luminosidad y la textura de la piel (Pinnell et al., 2001; Fisher et al., 1997).

Los aceites esenciales de cítricos, como el de limón, han demostrado tener propiedades antioxidantes y antimicrobianas, lo que los hace altamente valiosos en formulaciones dermocosméticas (Aruna et al., 2022). Sin embargo, la vitamina C es notoriamente inestable, presentando un desafío significativo para su inclusión en productos de cuidado de la piel debido a su alta sensibilidad a factores ambientales (Brignone, Ravetti, & Palma, 2020, p. 175).

Este proyecto aborda la necesidad de desarrollar productos cosméticos efectivos y sostenibles, utilizando materias primas accesibles en Colombia y tecnologías que maximicen la estabilidad y eficacia de la vitamina C, contribuyendo así a la innovación en la industria dermocosmética.

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Desarrollar un suero desmaquillante dermocosmético utilizando aceite esencial e hidrolato extraídos de las cáscaras de limón Tahití mediante el método de destilación por arrastre de vapor que asegure sus propiedades y eficacia.

### **Objetivos específicos**

1. Extraer aceite esencial e hidrolato a partir de cáscaras de limón tahiti mediante destilación por arrastre, asegurando la preservación de los compuestos bioactivos.
2. Desarrollar un método de formulación para un desmaquillante bifasico que mantenga las propiedades del aceite esencial y el hidrolato de la degradación de factores externos.

3. Desarrollar un prototipo de algoritmo para recomendar la aplicación del suero desmaquillante en la piel de los usuarios.
4. Analizar la viabilidad ambiental y económica del proceso de producción, considerando la utilización de cáscaras de limón como materia prima.

### **Definición del problema**

La vitamina C, particularmente en su forma activa, el ácido L-ascórbico, es un potente antioxidante ampliamente utilizado en productos dermocosméticos por sus múltiples beneficios. Desempeña un papel crucial en la síntesis de colágeno, mejorando la elasticidad de la piel y reduciendo los signos del envejecimiento (Ahmad et al., 2024), lo que contribuye a una piel más saludable. Sin embargo, según Sheraz et al. (2010), la estabilidad del ácido ascórbico en preparaciones tópicas presenta varios desafíos que deben abordarse en la formulación como el uso de agentes estabilizantes, el control de pH y las combinaciones con vitaminas ya que se degrada fácilmente cuando se expone a factores como la luz, el aire y el calor, limitando su efectividad en productos tópicos. Este problema limita la eficacia de los productos cosméticos que contienen vitamina C, afectando su capacidad para proporcionar los beneficios esperados.

Por otra parte, la cáscara de limón, un subproducto común de la industria alimentaria y de bebidas es considerado un residuo. Según el Consorcio NAM Ltda y VELZEA Ltda (2008).

En Bogotá, se generan aproximadamente 70.5 toneladas de residuos sólidos diariamente en las plazas de mercado y en la Central de Abastos. De estos residuos, el 88.5% corresponde a residuos vegetales, lo que incluye una cantidad significativa de cáscaras de limón y otros cítricos. Esto se traduce en unas 62.4 toneladas diarias de residuos vegetales, de los cuales una parte considerable proviene de las actividades de descarga y

comercialización de frutas y verduras. La alta tasa de desperdicio en estas áreas, con niveles de pérdida de productos vegetales de hasta el 2% en Corabastos y entre el 5% y el 7% en las plazas de mercado (p3).

Teniendo en cuenta estas problemáticas este proyecto quiere abordar el desarrollo de un suero que no solo contenga vitamina C, sino que también garantice su estabilidad y eficacia a lo largo del tiempo. Para ello, se utilizará aceite esencial extraído de cáscaras de limón Tahití mediante el método de prensado en frío, que preserva los compuestos bioactivos del limón (Cerutti & Neumayer, 2004). Al aplicar el proceso de extracción como la formulación, se busca ofrecer una solución efectiva a la inestabilidad de la vitamina C en productos cosméticos.

### **Justificación**

La presente investigación se enfoca en el desarrollo de un suero desmaquillante dermocosmético con propiedades antioxidantes, utilizando aceite esencial y el hidrolato extraído de las cáscaras de limón Tahití mediante el método de arrastre con vapor. La vitamina C, en su forma activa, el ácido L-ascórbico, es un antioxidante potente y un componente esencial en la síntesis de colágeno, que contribuye a la salud y elasticidad de la piel (Ahmad et al., 2024). Desarrollar una fórmula que contenga vitamina C en el aceite permite que los usuarios obtengan una mayor protección contra el daño oxidativo causado por los radicales libres, la reducción de manchas oscuras y signos de envejecimiento, y una mejora en la textura y luminosidad de la piel (Pinnell et al., 2001; Fisher et al., 1997).

En países como Colombia, la industria cosmética se enfrenta a la creciente demanda de productos naturales y eficaces, que además sean sostenibles y respetuosos con el medio ambiente. Aprovechar los residuos agroindustriales, como las cáscaras de limón, no solo responde a esta demanda, sino que también contribuye a la reducción de desechos, alineándose con las tendencias

globales hacia la sostenibilidad y la economía circular. Según el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo (2002), el Decreto 1713 regula aspectos clave de la gestión de residuos sólidos en Colombia. En este encontramos La ley 99 de 1993 en relación con la Gestión Integral los Residuos Sólidos, en donde se aborda de manera muy general las restricciones, y debido a la creciente conciencia ambiental y la presión internacional sugieren que es solo cuestión de tiempo para que se implementen regulaciones más estrictas en este ámbito.

Este proyecto no solo busca desarrollar un producto cosmético eficaz que maximice los beneficios , sino que también promueve prácticas sostenibles al reutilizar subproductos agrícolas que de otro modo serían desechados. Así, se alinea con normativas emergentes y potenciales que podrían regular el uso de residuos en la industria, anticipándose a futuros cambios regulatorios. Según Matallana Kuan et al. (2019), el sector de productos naturales en Colombia enfrenta oportunidades y desafíos, especialmente desde la bioeconomía, lo que supone ofrecer un producto innovador que beneficie tanto a consumidores como al medio ambiente, sin comprometer la efectividad ni la seguridad del suero y promoviendo un enfoque más ecológico y responsable en la industria cosmética.

## **Análisis de requerimientos**

### **Intención del producto**

Obtener un suero desmaquillante dermocosmético innovador, utilizando aceite esencial con hidrolato de cáscaras de limón Tahití extraído mediante destilación por arrastre. Este suero busca ofrecer beneficios antioxidantes y luminosidad, gracias a la presencia de vitamina C. Además, el proyecto se enfoca en la sostenibilidad, valorizando residuos agroindustriales y empleando procesos respetuosos con el medio ambiente. El suero será personalizado mediante un algoritmo que recomendará la concentración de vitamina C según las necesidades del usuario.

## Parámetros de diseño

Los parámetros de diseño del suero dermocosmético y del software se describen a continuación, y pueden verse detalladamente en la Tabla 1, que muestra las especificaciones técnicas necesarias para garantizar la estabilidad y calidad del producto.

**Tabla 1**

*Parámetros de diseño del suero dermocosmético*

<b>Parámetro</b>	<b>Especificación</b>	<b>Objetivo</b>
Concentración vitamina C	0.48% - 2.4%	Garantizar eficacia antioxidante y estimular la síntesis de colágeno en la piel
Concentración de aceite esencial	0.56% - 0.85%	Aportar propiedades antioxidantes y antimicrobianas, además de estabilizar la fórmula
pH del producto	4.5-5	Asegurar la estabilidad de la vitamina C y prevenir irritaciones en la piel
Rendimiento de hidrolato de cascaras de limón	50% - 60% del peso de las cáscaras procesadas	Maximizar la cantidad de aceite esencial extraído sin comprometer su calidad
Compatibilidad de ingredientes	Sin reacciones adversas entre vitamina C, aceite esencial y otros reactivos	Asegurar la estabilidad del producto y evitar la degradación de los ingredientes activos
Algoritmo de cálculo	Algoritmo basado en una paleta de colores para selección del tono de piel y cálculo de concentración de hidrolato	Personalizar la concentración de vitamina C en función de la tonalidad de piel del usuario
Interfaz de usuario (UI)	Interfaz intuitiva y simple de usar	Facilitar la interacción del usuario con el software
Base de datos	Información de tonos de piel y concentración de hidrolato	Almacenar datos para mejorar las recomendaciones
Envase	Frasco opaco y hermético, 150-200 ml	Proteger la fórmula de la oxidación y la exposición a la luz y el oxígeno

Cumplimiento regulatorio	Cumplir con las normativas del INVIMA	Garantizar la comercialización legal y segura del producto
--------------------------	---------------------------------------	--

### Estimación de características de diseño

Las características que definen los objetivos de diseño del suero y el software se describen en la Tabla 2, la cual detalla estimaciones como la eficacia antioxidante, la textura del producto y la compatibilidad del software.

**Tabla 2**

*Estimación de diseño del suero dermocosmético*

<b>Característica</b>	<b>Estimación</b>	<b>Objetivo</b>
Capacidad antioxiante	Eficacia antioxidante	Proteger la piel de los radicales libres y mejorar su luminosidad
Durabilidad del producto	Estabilidad química en condiciones de uso normales	Mantener la eficacia del producto durante su vida útil
Aplicación y absorción	Textura ligera, rápida absorción, sin residuos grasos	Proporcionar una experiencia de uso agradable y adecuada para todo tipo de piel
Viscosidad	<2000cP	Lograr una textura fluida, fácil de aplicar y de rápida absorción
Aroma y apariencia	Aroma suave a limón, sin separación de fases ni grumos	Garantizar que el producto se mantenga atractivo a lo largo de su vida útil.
Tiempo de respuesta del software	<5 segundos para recomendaciones personalizadas	Proveer resultados rápidos para optimizar la experiencia de usuario
Compatibilidad	Diseñado para web	Garantizar que el software sea accesible en una plataforma

## **Marco teórico**

### **Introducción a la dermocosmética**

#### **Definición y concepto**

La dermocosmética es una rama especializada del cuidado de la piel que combina la ciencia dermatológica con la cosmética, desarrollando productos respaldados por investigaciones científicas. A diferencia de la cosmética tradicional, que se enfoca principalmente en el aspecto estético, la dermocosmética utiliza ingredientes activos probados que han sido avalados por estudios dermatológicos. Esto asegura que los productos no solo mejoren la apariencia, sino que también ofrezcan beneficios reales para la salud de la piel (Moglie, 2023).

Una de las mayores ventajas de la dermocosmética es su capacidad para tratar una amplia gama de problemas cutáneos, desde la hidratación y la protección solar hasta condiciones dermatológicas más específicas, como el acné o la rosácea. Estos productos están formulados para ser seguros y suaves para la piel, reduciendo el riesgo de irritaciones y alergias, lo que los hace ideales para personas con piel sensible. Gracias a su enfoque basado en la ciencia y la eficacia, la dermocosmética se ha convertido en una opción confiable para quienes buscan productos que ofrezcan resultados visibles y duraderos (Moglie, 2023).

#### **Historia y evolución**

La dermocosmética tiene sus raíces en el uso de ingredientes naturales con fines estéticos y terapéuticos en civilizaciones antiguas, como la egipcia y la romana. Estas culturas empleaban aceites, miel y minerales no solo para embellecer, sino también para tratar afecciones de la piel. Sin embargo, el desarrollo moderno de la dermocosmética no comenzó hasta los siglos XVIII y

XIX, cuando el estudio de la dermatología y la química abrió paso a una comprensión más profunda de la piel y sus necesidades (González Minero & Bravo Díaz, 2017).

En el siglo XX, la combinación de avances en la biología celular y la dermatología impulsó la creación de productos cosméticos con propiedades terapéuticas. Ingredientes como el retinol, los antioxidantes y los alfa-hidroxiácidos (AHA) revolucionaron la industria, proporcionando soluciones efectivas para problemas de la piel como el acné, el envejecimiento y las manchas. Este periodo también marcó el inicio de la colaboración entre la industria farmacéutica y cosmética, lo que permitió desarrollar productos más especializados y basados en evidencias clínicas (Castaño Amores & Hernández Benavides, 2018).

Con la llegada del siglo XXI, los avances en biotecnología y nanotecnología han permitido el desarrollo de productos más eficaces y personalizados (Muzafar et al., 2015). Estos avances han hecho posible que los ingredientes activos penetren más profundamente en la piel, mejorando su eficacia. Ahora, la dermocosmética no solo se enfoca en mejorar la apariencia de la piel, sino también en tratar afecciones dermatológicas y proteger la piel contra factores ambientales como la contaminación y la radiación ultravioleta (British Journal of Dermatology, 1992; Radiation Research, 2002).

## **Vitamina C**

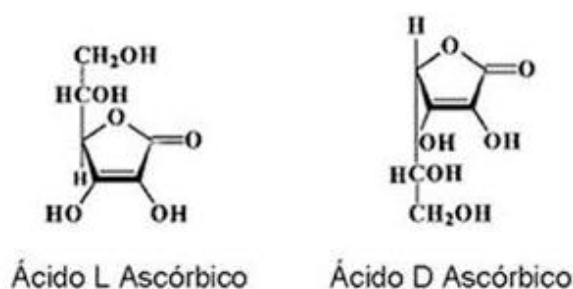
### **Antecedentes y producción**

La vitamina C, también conocida como ácido ascórbico, fue identificada por primera vez en el siglo XVIII, cuando se observó que los marineros que consumían cítricos podían prevenir el escorbuto, una enfermedad caracterizada por la deficiencia de esta vitamina. Fue en 1932 cuando Albert Szent-Györgyi aisló el ácido ascórbico, lo que le valió el Premio Nobel en 1937 por su descubrimiento y su importancia en la salud humana (Contact, 2023). Desde entonces, la

vitamina C ha sido reconocida como un nutriente esencial debido a sus múltiples funciones biológicas, entre ellas, su capacidad antioxidante y su papel en la síntesis de colágeno (Aruna et al., 2022). Las estructuras químicas de los isómeros ópticos, ácido L-ascórbico y ácido D-ascórbico, se muestran en la Figura 1, lo que ayuda a visualizar la disposición de los grupos funcionales en cada uno.

### Figura 1

*Estructuras químicas del ácido L-ascórbico y ácido D-ascórbico*



*Nota.* Representación de los isómeros ópticos del ácido ascórbico (vitamina C), mostrando la diferencia en la disposición de los grupos funcionales. Tomado de Serra y Cafaro (2007).

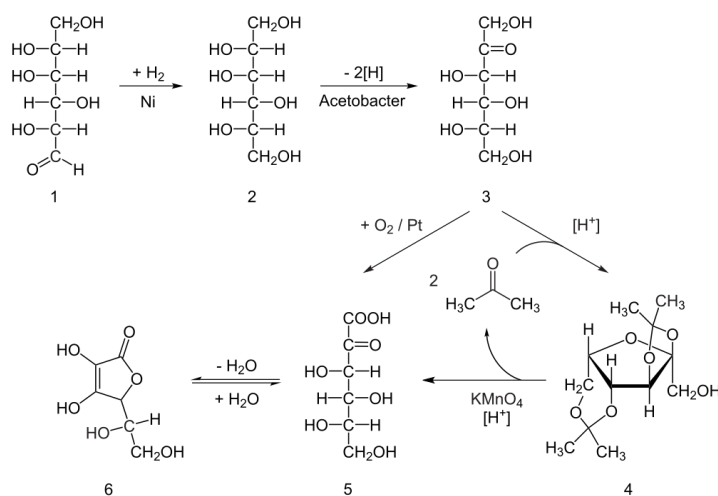
La obtención industrial de vitamina C se realiza a gran escala mediante métodos de fermentación bacteriana y síntesis química. El método Reichstein, desarrollado en la década de 1930, fue el primero en producir vitamina C de manera eficiente a partir de la glucosa, en la Figura 2 se ilustra proporcionando una representación visual de este proceso. Aunque este método ha sido el más utilizado durante décadas, en los últimos años se ha implementado un proceso de fermentación más sostenible y económicamente viable, que utiliza bacterias modificadas genéticamente para convertir la glucosa en ácido ascórbico en menos etapas y con un menor impacto ambiental (Zhou et al., 2011; Jian, 2007).

La vitamina C puede ser obtenida tanto de fuentes naturales como mediante procesos sintéticos. Entre las principales fuentes naturales de vitamina C se encuentran frutas y verduras,

destacándose los cítricos, como las naranjas, limones y brócoli. Sin embargo, debido a la demanda masiva para la industria alimentaria, farmacéutica y cosmética, la obtención de vitamina C a partir de fuentes naturales no es suficiente (Susa & Sparavigna, 2023). Por esta razón, la producción comercial de vitamina C se realiza principalmente a través de síntesis química. En este proceso, la glucosa es la materia prima principal y se transforma mediante una serie de reacciones químicas en ácido ascórbico (Serra & Cafaro, 2007).

## Figura 2

*Síntesis química del ácido ascórbico a partir de glucosa por el método Reichstein*



*Nota.* Esquema del proceso de Reichstein para la síntesis de ácido ascórbico (vitamina C). Adaptado de Wikipedia contributors (n.d.).

## Propiedades y funciones biológicas

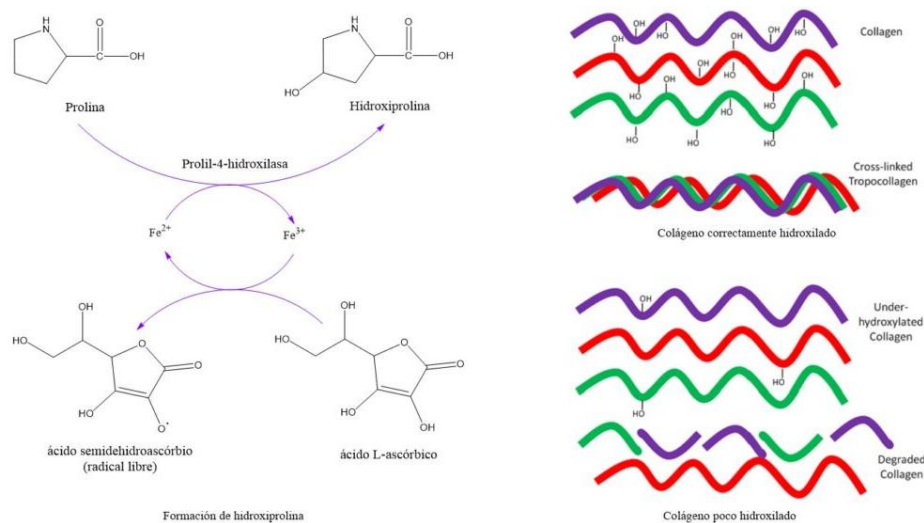
La vitamina C es un nutriente esencial que desempeña un papel crucial en varias funciones biológicas del organismo humano. Una de sus principales propiedades es su capacidad antioxidante, lo que le permite neutralizar los radicales libres y proteger las células y tejidos del daño oxidativo. Esta protección es vital para prevenir el envejecimiento (Mayo Clinic, 2023). Además de sus beneficios como antioxidante, la vitamina C es fundamental para la síntesis de

colágeno, una proteína clave para la estructura y reparación de tejidos como la piel. El colágeno es indispensable en la cicatrización de heridas y en la regeneración de tejidos, lo que contribuye al mantenimiento de una piel firme y saludable (MedlinePlus, 2023).

En el proceso de síntesis de colágeno, la vitamina C actúa como cofactor de las enzimas prolil-4-hidroxilasa y lisil hidroxilasa, responsables de convertir la prolina en hidroxiprolina y la lisina en hidroxilisina, respectivamente. Estas modificaciones son cruciales para el entrecruzamiento y la estabilidad de las cadenas de colágeno. Sin niveles adecuados de vitamina C, el colágeno formado es defectuoso, lo que puede llevar a la ruptura de la proteína, comprometiendo la integridad de los tejidos (Pullar, Carr y Vissers, 2017). El mecanismo por el cual la vitamina C actúa como cofactor en la formación de hidroxiprolina y su influencia en la estabilidad del colágeno se muestra en la Figura 3. Además, la vitamina C estimula la expresión de los genes involucrados en la síntesis de colágeno en los fibroblastos de la dermis, lo que refuerza su importancia en la cicatrización de heridas y en el rejuvenecimiento de la piel (Phang, 2023).

### **Figura 3**

*Mecanismo de formación de hidroxiprolina y su influencia en la estabilidad del colágeno*

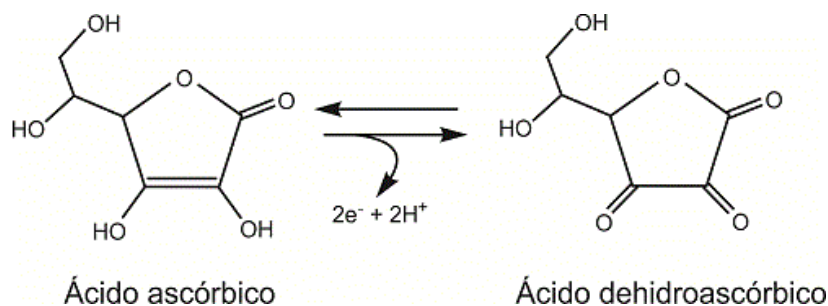


*Nota.* A la izquierda, se muestra el proceso de formación de hidroxiprolina a partir de prolina, catalizado por la enzima prolil-4-hidroxilasa con la participación del ácido L-ascórbico (vitamina C). A la derecha, se observa el colágeno correctamente hidroxilado en comparación con colágeno poco hidroxilado y degradado. Adaptado de Nutrition FlexBooks (2024).

Por otro lado, la vitamina C actúa como un potente antioxidante en la piel, protegiéndola del daño causado por los radicales libres generados tanto por procesos internos, como la respiración celular, como por factores externos, como la exposición a la contaminación y la radiación ultravioleta (British Journal of Dermatology, 1992; Radiation Research, 2002). Estas especies reactivas de oxígeno (ROS, por sus siglas en inglés) pueden generar un desequilibrio conocido como estrés oxidativo, responsable del envejecimiento prematuro y de afecciones como arrugas, manchas, sequedad y, en casos más graves, cáncer de piel (Nusgens et al., 2001; Fitzpatrick, Rostan, & Uitto, 2002). Al reaccionar con los radicales libres, el ácido ascórbico se transforma en ácido semihidroascórbico como se ilustra en la Figura 4, un radical más estable que puede regenerarse o ser eliminado del organismo. Además, la vitamina C regenera la vitamina E, otro importante antioxidante liposoluble en la piel, contribuyendo a una defensa antioxidante más completa (Nutrition FlexBooks, 2024).

### Figura 4

*Conversión de ácido ascórbico en ácido deshidroascórbico mediante oxidación*



*Nota.* Reacción reversible de oxidación y reducción entre el ácido ascórbico (vitamina C) y el ácido deshidroascórbico, implicando la pérdida y ganancia de electrones ( $2e^-$ ) y protones ( $2H^+$ ). Rodríguez (2021)

Además de sus propiedades antioxidantes, la vitamina C desempeña un papel crucial en la regulación de la pigmentación de la piel. Inhibe la producción de melanina al bloquear la enzima tirosinasa, que cataliza la conversión de tirosina en dopaquinona, el paso inicial en la síntesis de melanina. Esta inhibición es posible gracias a la capacidad de la vitamina C para unirse al sitio activo de la tirosinasa, evitando que el cobre presente en la enzima interactúe con el oxígeno molecular (Riley, 1993). Este mecanismo despigmentante convierte a la vitamina C en un ingrediente activo en productos cosméticos destinados a unificar el tono de la piel y mejorar su luminosidad. Las propiedades físicas y químicas del ácido L-ascórbico, como su solubilidad en agua y estabilidad térmica, son importantes para la formulación de productos tópicos. Estas características se detallan en la Tabla 3.

### Tabla 3

*Propiedades físicas y químicas del ácido L-ascórbico*

---

#### Propiedades físicas y químicas de la vitamina C

---

---

Descripción química	Cristal incoloro, inodoro, sólido, soluble en agua, con un sabor ácido
Peso molecular	176,12 g/mol
Formula molecular	C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>6</sub>
Densidad	1650 kg/m <sup>3</sup>
Solubilidad en agua	33 g/100 mL
Punto de fusión	463 K (190 °C)
Acidez	pKa1 4.10 pKa2 11.6 pKa

---

*Nota.* Características fisicoquímicas del ácido ascórbico. Elaboración propia con datos tomados de Serra y Cafaro (2007).

### **Estabilidad de la vitamina C en productos tópicos**

Uno de los principales desafíos en la formulación de productos tópicos que contienen vitamina C es su alta susceptibilidad a la degradación cuando se expone a factores ambientales como la luz, el oxígeno y el calor (Brignone, Ravetti, & Palma, 2020, pp. 172 -176). En contacto con el aire, el ácido ascórbico se oxida rápidamente, lo que lo convierte en ácido deshidroascórbico, una forma inactiva. Además, la exposición a la luz ultravioleta acelera este proceso, comprometiendo la efectividad del ingrediente activo en las formulaciones tópicos. Las altas temperaturas también pueden promover la descomposición, reduciendo la vida útil de los productos que contienen vitamina C (Herbig et al., 2017).

Para mejorar la estabilidad de la vitamina C en productos tópicos, la industria cosmética ha implementado técnicas y el uso de derivados más estables. Los derivados de la vitamina C,

como el fosfato de ascorbilo y el ascorbato de sodio, ofrecen una mayor resistencia a la oxidación y son más fáciles de formular, ya que no se degradan tan fácilmente como el ácido ascórbico puro (Dermatol Surg, 2001). Estos derivados liberan vitamina C de manera gradual al entrar en contacto con la piel, lo que prolonga su acción y permite un uso más seguro y eficaz.

Otra técnica común es la encapsulación, donde la vitamina C se protege mediante sistemas como liposomas o nanopartículas (Müller-Goymann, 2004). Estas tecnologías permiten que el ácido ascórbico esté aislado de los factores ambientales hasta su aplicación en la piel (Muzafar et al., 2015). También es frecuente el uso de combinaciones de vitamina C con otros antioxidantes, como la vitamina E o el ácido ferúlico (Radiation Research, 2002).

Además, el ajuste del pH de las formulaciones generalmente se recomienda en un valor menor a 3,5 para así mantener un medio ácido y evitar su rápida oxidación (Dermatol Surg, 2001). Asimismo, el uso de envases herméticos o con protección UV ayuda a minimizar la exposición a factores ambientales que podrían comprometer su estabilidad durante el almacenamiento (Sheraz et al., 2010).

### **Usos de la vitamina C en la dermocosmética**

La vitamina C, en su forma de ácido ascórbico, es ampliamente utilizada en la industria dermocosmética debido a sus capacidades. Su incorporación en productos tópicos como sueros, cremas y geles ha demostrado ser eficaz para la protección de la piel contra el estrés oxidativo causado por factores ambientales como la radiación ultravioleta y la contaminación (British Journal of Dermatology, 1992; Radiation Research, 2002). En este contexto, la vitamina C actúa neutralizando los radicales libres y protegiendo las estructuras dérmicas, lo que previene el envejecimiento prematuro de la piel y contribuye a la mejora de su textura y firmeza (Pinnell et al., 2001; Fisher et al., 1997)

La vitamina C ha sido evaluada en diversos estudios clínicos por su eficacia en la reducción de signos visibles del envejecimiento, particularmente en la disminución de arrugas y líneas finas (Nusgens et al., 2001; Fitzpatrick, Rostan, & Uitto, 2002). La capacidad del ácido ascórbico para promover la producción de colágeno permite restaurar la integridad estructural de la piel, lo que reduce la profundidad de las arrugas y mejora la suavidad y firmeza (Pinnell et al., 2001; Fisher et al., 1997). Estos efectos se logran a través de la estimulación directa de fibroblastos, células clave en la síntesis de colágeno, lo que contribuye a una piel más densa y resistente al daño mecánico y ambiental (Phang, 2023).

Asimismo, la vitamina C es un agente eficaz en el tratamiento de la hiperpigmentación. Actúa inhibiendo la enzima tirosinasa, que regula la producción de melanina, reduciendo así la aparición de manchas oscuras en la piel. Este efecto despigmentante es particularmente útil en el tratamiento de condiciones como el melasma y las manchas solares, y su inclusión en productos tópicos (Riley, 1993).

La capacidad de la vitamina C para fortalecer la barrera cutánea y acelerar la cicatrización la convierte en un ingrediente activo en formulaciones para pieles sensibles o con tendencia a irritaciones. Este componente no solo actúa como reparador, sino que también mejora la resistencia de la piel frente a agresiones externas, reduciendo la inflamación y promoviendo una recuperación más rápida de los tejidos (Nutrition FlexBooks, 2024).

### **Aceite esencial de limón**

El aceite esencial de limón es una mezcla volátil de compuestos químicos extraídos de la cáscara del limón. Estos compuestos proporcionan el aroma y algunas de las propiedades beneficiosas que se utilizan ampliamente en la industria cosmética, alimentaria y farmacéutica. Es uno de los aceites esenciales más producidos a nivel mundial, ocupando el segundo lugar

después del aceite de naranja. Los principales productores incluyen Argentina, Estados Unidos e Italia, siendo el primero el líder global (Cerutti & Neumayer, 2004).

### Propiedades

El aceite esencial de limón contiene una serie de compuestos que le otorgan sus características organolépticas y químicas (Cerutti & Neumayer, 2004). Los principales componentes químicos del aceite de limón obtenido mediante prensado en frío, incluyendo el limoneno y el beta-pineno, se resumen en la Tabla 4 y en la Figura 5 se ilustra su estructura química.

**Tabla 4**

*Componentes químicos del aceite de limón derivado de la extracción con prensado en frío*

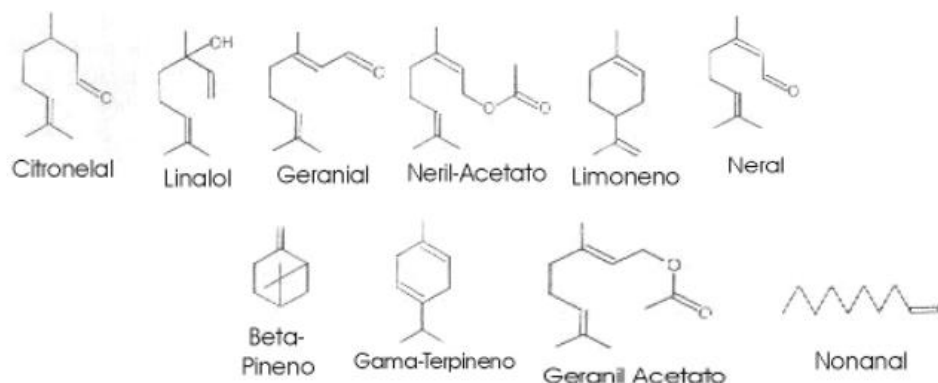
Sustancia	Porcentaje
Limoneno (monoterpeno monocíclico)	63
Beta-pineno (monoterpeno bicíclico)	12
Gamma-terpineno (monoterpeno monocíclico)	9
Geranial (aldehído, aroma cítrico)	1,5
Neral (aldehído, aroma cítrico)	1,0
Neril acetato (frutal, floral, rosa)	0,5
Geranil acetato (frutal, floral, rosa)	0,4
Citronelal (fuerte, cítrico, verde)	0,2
Linalol (aroma lavanda)	0,2
Nonanal (aroma fuerte)	0,1

*Nota.* Información de los componentes químicos del aceite de limón extraídos. Tomado de Cerutti y Neumayer

(2004).

### Figura 5

*Estructura química de los componentes del aceite de limón de la extracción con prensado en frío*



*Nota.* Compuestos presentes en el aceite esencial de limón, incluyendo aldehídos, terpenos y alcoholes, obtenidos mediante prensado en frío. Tomado de Cerutti y Neumayer (2004).

En términos fisicoquímicos, los aceites esenciales son sensibles a la oxidación, lo que afecta su estabilidad y perfil aromático. Las propiedades fisicoquímicas del aceite esencial de limón, tales como su volatilidad, solubilidad en agua y estabilidad, se resumen en la Tabla 5, lo que permite entender mejor su comportamiento en formulaciones cosméticas. El aceite de limón presenta alta volatilidad, es insoluble en agua y puede degradarse si no se almacena correctamente en condiciones frescas y sin exposición a la luz.

**Tabla 5**

*Propiedades organolépticas del aceite esencial de la cascara de limón*

<b>Características organolépticas</b>	<b>Resultados</b>
Color	Ligeramente amarillo
Olor	Cítricos, fresco, intenso
Sabor	No picante

---

*Nota.* Propiedades organolépticas del aceite de limón de la cáscara de *C. jambhiri*. Adaptado de Del Carpio

Jiménez et al., (2022).

### **Usos en productos**

En la industria cosmética, el aceite esencial de limón se utiliza en formulaciones de productos antienvjecimiento y aclaradores de la piel debido a su capacidad para inhibir la actividad de la tirosinasa, enzima clave en la producción de melanina, lo que ayuda a reducir manchas y unificar el tono de la piel (Riley, 1993). También se emplea en productos capilares por su capacidad purificante y seborreguladora, ayudando a mantener el equilibrio del cuero cabelludo. Su fragancia cítrica y propiedades antioxidantes lo hacen ideal para productos dirigidos a mejorar la vitalidad y luminosidad de la piel.

En el contexto de formulaciones con vitamina C, el aceite esencial de limón cumple una función estabilizadora, protegiendo el ácido ascórbico de la oxidación (Aruna et al., 2022). Al actuar como un antioxidante adicional, refuerza la estabilidad del producto y prolonga la vida útil de la vitamina C, potenciando su eficacia en el tratamiento de arrugas y manchas cutáneas (Nusgens et al., 2001).

### **Métodos de extracción**

Cerutti y Neumayer (2004) señalan que existen varios métodos para la obtención de aceite esencial de limón. Cada uno de estos métodos influye en la calidad del aceite producido, en función del calor y las condiciones de extracción. El método de arrastre de vapor es el proceso predominante para la obtención de aceite esencial de limón en la industria cosmética. Sin embargo, para aplicaciones cosméticas específicas, como las que se contemplan en este proyecto, se ha decidido utilizar el prensado en frío. Este método consiste en ejercer presión mecánica

sobre las cáscaras del limón sin aplicar calor, lo que permite preservar de manera óptima los componentes volátiles y antioxidantes que son sensibles al calor (Cerutti & Neumayer, 2004). El prensado en frío es considerado un método eficiente y respetuoso con el medio ambiente, ya que no requiere el uso de solventes químicos y garantiza la conservación de las propiedades antioxidantes y antimicrobianas del aceite (Aruna et al., 2022). Además, este proceso asegura la obtención de un aceite esencial de alta pureza, adecuado para su inclusión en productos de dermatocósmica. Los métodos de extracción del aceite esencial de limón, como el prensado en frío y la destilación por arrastre de vapor, y sus respectivas ventajas y desventajas se detallan en la Tabla 6, lo que permite comparar su efectividad y calidad de los aceites obtenidos.

**Tabla 6**

*Métodos de extracción del aceite esencial de limón*

<b>Métodos</b>	<b>Descripción</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>	<b>Rendimiento Aproximado</b>
Destilación por arrastre de vapor	Se inyecta vapor de agua a través del material botánico. Los aceites volátiles se evaporan con el vapor y luego se condensan en un separador donde se recogen el aceite y el agua. Este proceso se realiza a temperaturas cercanas al punto de ebullición del agua (100 °C)	Método ampliamente utilizado para aceites esenciales. Asegura un buen rendimiento y calidad del producto final, apto para aplicaciones cosméticas, farmacéuticas y alimentarias	Pérdida de compuestos volátiles muy sensibles al calor, como algunos alcoholes y ésteres. Puede haber oxidación o hidrólisis de ciertos componentes	0.2% - 0.4% de la cáscara del limón
Destilación con agua	El material botánico está en contacto directo con agua hirviendo, lo que permite la liberación de los compuestos volátiles. Se utiliza para aceites esenciales que son menos sensibles al calor	Método sencillo y económico, con equipos menos complejos. Ideal para pequeños volúmenes	Generación de compuestos indeseados si el destilador se calienta de manera incorrecta. Se puede afectar la calidad organoléptica del aceite esencial	0.1% - 0.3% de la cáscara del limón
Prensado en frío	Se obtiene el aceite esencial sin aplicar calor, rompiendo los sacos de aceite en la cáscara mediante presión mecánica. Este método se utiliza principalmente para aceites cítricos	Método que conserva todos los componentes volátiles y antioxidantes naturales, como el limoneno y tocoferoles. El aceite obtenido es más estable a la oxidación que los aceites destilados	Es menos eficiente en la extracción de compuestos solubles en agua. Las impurezas de la cáscara pueden contaminar el aceite	0.4% - 0.6% de la cáscara del limón

*Nota.* Comparación entre algunos métodos de extracción de aceite de limon (Adaptado de Cerutti y

Neumayer, (2004).

### **Sostenibilidad en la industria cosmética**

La sostenibilidad ha dejado de ser una opción para las empresas cosméticas y se ha convertido en un imperativo ineludible en los últimos años. La industria ha tenido que rediseñar

sus estrategias productivas debido a las demandas más informadas de los consumidores y la presión de las regulaciones ambientales. El uso de desechos agroindustriales y la implementación de modelos de economía circular son dos innovaciones consolidadas en este ámbito, que ayudan a preservar los recursos naturales y permiten la creación de productos de menor impacto ambiental.

El empleo de la cáscara de limón no solo contribuye a la creación de productos más naturales y con menor impacto ambiental, sino que también forma parte de un esfuerzo más amplio por reducir los desechos generados en la industria agroalimentaria. Según Gómez-Cruz, Torres-León y Aguilar (2020), esta práctica permite revalorizar los subproductos agroindustriales, disminuyendo la cantidad de residuos orgánicos y promoviendo un enfoque sostenible dentro de la cadena productiva de cosméticos.

La reducción del impacto de los productos cosméticos en el medio ambiente no es el único beneficio a largo plazo de la economía circular. El concepto también proporciona beneficios económicos y de reputación. Geissdoerfer et al. (2017) afirma que las empresas que adoptan prácticas de economía circular no solo reducen su impacto ambiental, sino que también logran ser más competitivas al satisfacer la creciente necesidad de los consumidores de productos más éticos y sostenibles. Este marco incluye el uso de subproductos como la cáscara de limón, que cierra los ciclos de producción y reduce la dependencia de materias primas vírgenes.

### **Innovación tecnológica en productos cosméticos**

Los avances tecnológicos están transformando la industria cosmética, permitiendo la creación de productos más personalizados, eficaces y seguros. Dos de los principales desarrollos

son el uso de algoritmos de personalización y la tecnología avanzada en la formulación de cosméticos.

### **Algoritmos de Personalización**

La inteligencia artificial (IA) permite que las marcas ofrezcan productos personalizados según el tipo de piel y las necesidades individuales. A través de aplicaciones móviles y análisis de datos, los usuarios pueden recibir recomendaciones específicas para sus condiciones cutáneas. Esto mejora la experiencia del cliente y su fidelidad hacia las marcas, al sentir que los productos están diseñados específicamente para ellos (Euromonitor International, 2022).

La tecnología y la innovación están transformando la industria cosmética de manera significativa. La inteligencia artificial (IA) se utiliza para formular cosméticos personalizados, analizando datos como el tipo de piel, la edad y factores ambientales para recomendar productos específicos (Smith, 2023). Por ejemplo, los algoritmos de IA pueden analizar imágenes faciales y cuestionarios para recomendar productos con concentraciones precisas de ingredientes activos (Johnson, 2022). Además, la realidad aumentada permite a los consumidores probar virtualmente productos como pintalabios y sombras de ojos (Brown, 2021).

### **Tecnología para eficacia y seguridad**

Por otro lado, la nanotecnología y la encapsulación de ingredientes activos han mejorado la eficacia de los cosméticos, permitiendo que los productos penetren mejor en la piel y liberen gradualmente sus ingredientes. Estas innovaciones garantizan que los productos sean tanto seguros como efectivos, especialmente para personas con piel sensible (Muzafar et al., 2015).

La tecnología y la innovación están transformando la industria cosmética de manera significativa. La inteligencia artificial (IA) se utiliza para formular cosméticos personalizados,

analizando datos como el tipo de piel, la edad y factores ambientales para recomendar productos específicos (Smith, 2023). Por ejemplo, los algoritmos de IA pueden analizar imágenes faciales y cuestionarios para recomendar productos con concentraciones precisas de ingredientes activos (Johnson, 2022). Además, la realidad aumentada permite a los consumidores probar virtualmente productos como pintalabios y sombras de ojos (Brown, 2021).

## **Análisis de restricciones**

### **Ambientales**

La producción del suero dermocosmético debe alinearse con las normativas ambientales de Colombia, especialmente la Ley 99 de 1993 (Congreso de Colombia, 1993), que establece las bases del Sistema Nacional Ambiental (SINA) y requiere que los proyectos con potencial impacto ambiental significativo obtengan las licencias correspondientes. Asimismo, el Decreto 1713 de 2002 regula la gestión integral de residuos sólidos, asegurando que cualquier residuo generado durante el proceso de extracción del aceite esencial de cáscaras de limón sea manejado de manera segura y sostenible (Departamento Administrativo de la Función Pública, 2002). Se ha seleccionado el método de destilación por arrastre, el cual no requiere el uso de solventes y preserva los compuestos bioactivos del aceite, lo que lo convierte en una alternativa más ecológica. Además, para prevenir cualquier contaminación de fuentes hídricas, se deben establecer protocolos rigurosos de manejo de residuos líquidos, en conformidad con el Decreto 1449 de 1977, que prohíbe la descarga de residuos sólidos, líquidos o gaseosos en cuerpos de agua (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 1977).

## **Económicos**

El método de destilación por arrastre utilizado para obtener el hidrolato implica costos significativos debido a las instalaciones y los equipos necesarios para llevar a cabo el proceso. Este método de extracción puede ser más costoso en comparación con otros, lo cual podría limitar la obtención de financiamiento o la competitividad del producto. Sin embargo, al alinearse con la demanda del mercado por ingredientes naturales y sostenibles, el hidrolato obtenido representa un valor diferencial. Además, la Ley 1715 de 2014 (Congreso de Colombia, 2014) permite acceder a incentivos económicos para proyectos sostenibles, lo que podría mitigar los costos iniciales y mejorar la viabilidad del proyecto.

Es relevante considerar que el acceso a la página web requerirá una conexión a Internet estable. Esto puede representar un desafío para ciertos usuarios que no cuenten con acceso adecuado a la red. Por tanto, es crucial planificar estrategias que puedan facilitar el acceso a la información y recomendaciones, garantizando que un mayor número de personas pueda beneficiarse de la herramienta desarrollada.

## **Legales**

Para asegurar el cumplimiento legal, el proyecto debe adherirse a lo estipulado por el Decreto 677 de 1995, que regula la calidad y seguridad de los productos cosméticos antes de su comercialización en Colombia. La inscripción y obtención del registro sanitario del suero ante el INVIMA (Departamento Administrativo de la Función Pública, 1995). Adicionalmente, la gestión de residuos generados durante la extracción de aceite esencial debe alinearse con la Ley 1252 de 2008 (Congreso de Colombia, 2008), la cual prohíbe la generación descontrolada de residuos peligrosos y exige el uso de tecnologías limpias para mitigar cualquier impacto negativo en el ambiente. Asimismo, el proyecto debe cumplir con el Decreto 1729 de 2002, que regula el

uso del suelo en áreas protegidas y zonas de reserva (Departamento Administrativo de la Función Pública, 2002).

### **Salud y seguridad laboral**

En cumplimiento con la Resolución 2400 de 1979, el proyecto debe implementar protocolos de seguridad industrial que incluyan el uso obligatorio de equipos de protección personal (Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, 1979). Esto es relevante durante la extracción y formulación del suero, donde se manejan materiales químicos y equipos especializados.

Aunque el sistema del algoritmo proporcionará recomendaciones basadas en las tonalidades de piel seleccionadas, es importante que los usuarios comprendan que no se garantiza la ausencia de reacciones alérgicas o sensibilidad a los ingredientes presentes en los sueros. Por ello, se incluirán advertencias que enfatizan la importancia de realizar pruebas en pequeñas áreas de la piel antes de aplicar nuevos productos, asegurando así una experiencia más segura y satisfactoria para cada usuario.

### **Socioculturales**

La estrategia de utilizar un subproducto agroindustrial como la cascara del limón Tahití se alinea con las tendencias hacia productos naturales y sostenibles, respondiendo a las expectativas de consumidores que buscan prácticas éticas y respetuosas con el medio ambiente.

La precisión de las recomendaciones dependerá en gran medida de la eficacia del sistema de clasificación de tonalidades de piel que utilizamos, el cual se basa en paletas de colores. Si bien estas paletas son una herramienta útil, es importante reconocer que algunas tonalidades pueden ser difíciles de representar con exactitud. Esta limitación puede influir en la

personalización de las recomendaciones, y es fundamental considerar que no todas las características de la piel se capturan perfectamente en un formato estandarizado.

### **Definición del diseño de la solución**

#### **Parámetros y especificaciones técnicas**

En el proceso de obtención del hidrolato de cáscara de limón Tahití mediante destilación por arrastre de vapor, se identificaron y controlaron los siguientes parámetros como se muestran en la Tabla 7 para garantizar la calidad del producto final:

**Tabla 7**

*Descripción de los parámetros analizados en el diseño de la solución*

<b>Parámetro</b>	<b>Descripción</b>
Proporción de cáscara y agua	Se utilizaron cáscaras de 10 limones Tahití y 500 ml de agua, asegurando una buena relación entre la materia prima y el medio líquido para una extracción efectiva de los compuestos volátiles
Temperatura de destilación	La temperatura de ebullición se mantuvo entre 95 °C y 100 °C para optimizar el arrastre de los compuestos activos de las cáscaras, evitando la degradación térmica
Circulación de agua	Se empleó una bomba conectada a un balde con 5 litros de agua para mantener una temperatura constante en el condensador, garantizando un enfriamiento eficiente y una condensación adecuada del vapor en el balón colector
Rendimiento de hidrolato	El proceso produjo 250 ml de hidrolato, utilizados posteriormente en la formulación del suero.

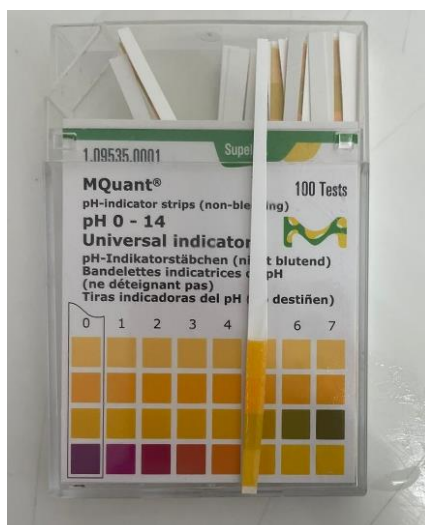
#### **Estrategias de control de calidad**

Se establecieron las siguientes estrategias para asegurar la calidad y estabilidad del hidrolato obtenido:

- **Verificación sensorial y organoléptica:** Se evaluaron las características sensoriales del hidrolato, incluyendo su aroma fresco y suave, y se utilizó la máquina de vacío para garantizar la ausencia de partículas que pudieran comprometer la composición del producto.
- **pH del hidrolato:** Se controló el pH del hidrolato para que estuviera dentro del rango de 4.5 a 5.5 como se muestra en la figura 6 y lo cual es ideal para aplicaciones cosméticas sin riesgo de irritación para la piel.

## Figura 6

*Medición de pH del serum desmaquillante bifásico*



Nota. La imagen muestra el color indicador de pH del desmaquillante que se ubica entre 4.5 y 5. Elaboración propia.

## Protocolos del software

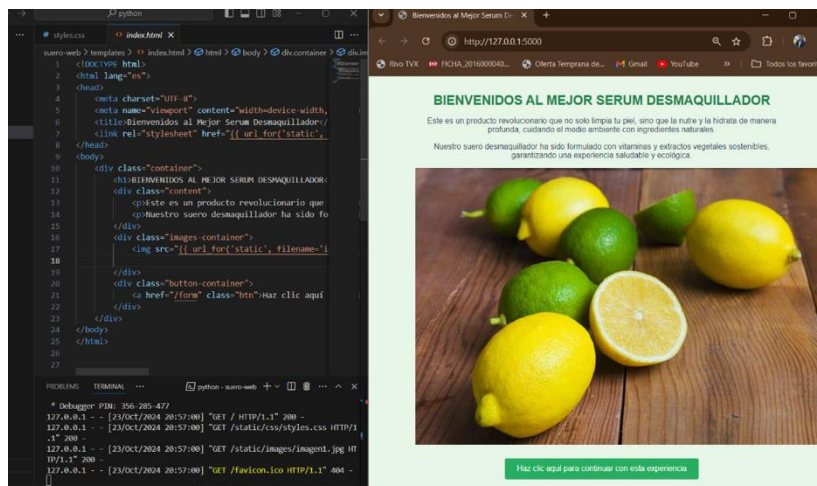
### Interfaz de usuario intuitiva

La página web cuenta con un diseño atractivo y fácil de usar, pensado para que la experiencia del usuario sea agradable. Los usuarios podrán navegar sin complicaciones y elegir su tono de piel sin estrés. Además, se incluirán imágenes que muestren los diferentes tonos y descripciones claras de los productos recomendados, facilitando la comprensión de las opciones.

Como se mostrar en la siguiente imagen donde principalmente se ve el inicio o bienvenida de la página.

**Figura 7**

*Estructura de bienvenida con introducción a la página web*



*Nota.* A la izquierda una parte del código para la creación de la bienvenida a la página web y a la derecha vemos el prototipo de la página Elaboración propia.

## Clasificación del color de piel

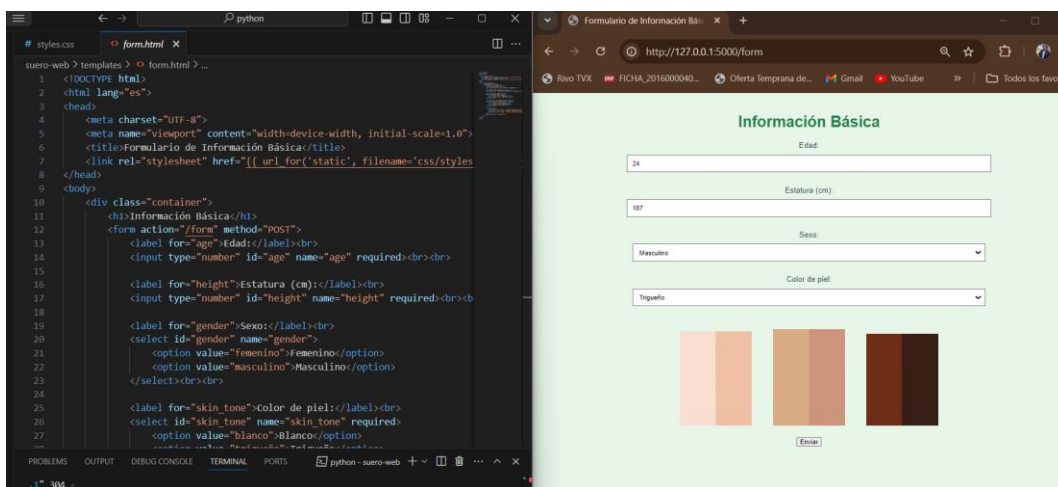
Se implemento un sistema que ayudará a los usuarios a identificar una proximidad a su tono de piel de manera sencilla y amigable. Esto se logrará a través de un cuestionario interactivo donde podrán seleccionar su tono entre diferentes opciones, o incluso mediante imágenes que les permitirán encontrar la descripción que mejor se adapte a su piel.

## Algoritmo de recomendación

Nuestro algoritmo esta diseñado para ofrecer recomendaciones personalizadas que realmente respondan a las necesidades de cada usuario. Al ingresar su tono de piel, el algoritmo analizará esta información de sueros que resaltarán los beneficios específicos de cada opción.

**Figura 8**

*Estructura del formulario según el usuario donde indique que tonalidad de piel*




*Nota.* A la izquierda se muestra parte del código utilizado para crear formularios para el usuario. En estos formularios, se solicita que el usuario ingrese su edad, altura, sexo y tono de piel. Una vez que selecciona el tono de piel, puede presionar "enviar" para proceder con la selección del producto. Elaboración propia.

**Figura 9**

*Estructura del algoritmo mostrando el resultado del desmaquillante recomendado para el tono de piel*

**¡Descubre el Serum Perfecto para Ti!**


Hemos seleccionado el serum ideal basado en tus necesidades únicas. Este es más que un producto, es un paso hacia el cuidado y la nutrición profunda de tu piel. ¡Experimenta la diferencia hoy!



**Serum Esencial para Piel Claras**

Este serum de alta calidad ha sido formulado específicamente para pieles claras, proporcionando una hidratación profunda y un cuidado delicado. Enricado con vitamina C natural, este serum ayuda a proteger contra los radicales libres y revitaliza tu piel para un aspecto radiante y saludable. ¡Dale a tu piel el tratamiento que merece!

Síguenos en nuestras redes sociales



*Nota.* Vista de la página web. Elaboración propia.

## **Planteamiento metodológico**

### **Materia prima**

Se seleccionaron cáscaras de limón Tahití como materia prima principal debido a su concentración de compuestos volátiles y propiedades antioxidantes. La selección de los limones se basó en su frescura y madurez, asegurando así una mayor concentración de aceites esenciales en las cáscaras.

### **Método de extracción**

El proceso de obtención del hidrolato de limón se llevó a cabo mediante un montaje de destilación por arrastre de vapor como se muestra en la figura 6. Para este propósito, se pelaron 10 limones Tahití, utilizando sus cáscaras como materia prima principal. Las cáscaras fueron colocadas en un balón de laboratorio de vidrio, y en otro balón se añadieron 500 ml de agua. El montaje incluyó una conexión a un condensador donde el vapor arrastró los compuestos volátiles presentes en las cáscaras, condensándolos en un tercer balón colector, donde se acumuló el hidrolato junto con una pequeña cantidad de aceite esencial. Para la alimentación de agua al condensador, se utilizó una bomba pequeña conectada a un balde con 5 litros de agua, garantizando la circulación continua de agua para el enfriamiento.

### **Figura 10**

*Montaje de destilación por arrastre de vapor*

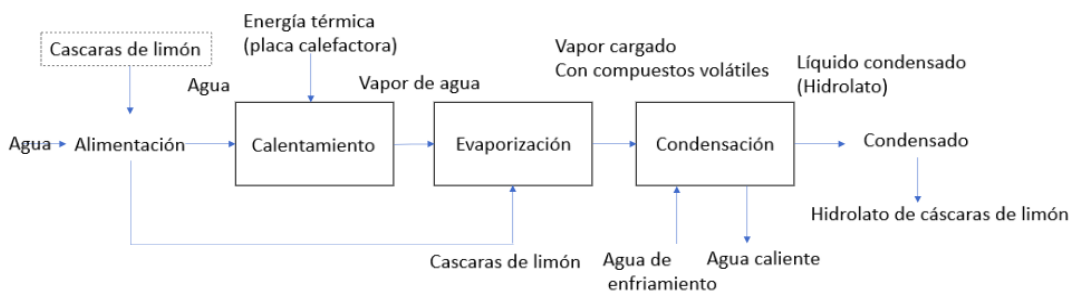


*Nota.* Montaje utilizado para la obtención del hidrolato de cáscaras de limón Tahití mediante destilación por arrastre de vapor. Elaboración propia.

Al finalizar el proceso, se recolectaron 250 ml de hidrolato de cáscara de limón Tahití, que sirvió como base principal para la formulación del suero y se depositaron en un decantador para revisar la cantidad de aceite extraído en el hidrolato como se muestra en la figura 7.

## **Figura 11**

*Diagrama de flujo proceso de destilación por arrastre*



*Nota.* Elaboración propia.

### Proceso de formulación

Una vez obtenido el hidrolato, se procedió a la formulación del suero desmaquillante. La fórmula incluyó los siguientes compuestos en las proporciones indicadas y como se muestra en la figura 12.

**Tabla 8**

*Composición del suero desmaquillante bifásico*

Compuesto	Rango de Porcentaje del Total (%)
Glicerina USP	10% - 20%
Aceite de almendras	10% - 20%
Hidrolato de cáscara de limón Tahití	50% - 60%
Agua destilada	10% - 20%

El proceso de formulación consistió en la mezcla de los componentes en un recipiente estéril, asegurando una agitación suave y homogénea como se muestra en la figura 8 La adición

del hidrolato se realizó como paso final para evitar la pérdida de compuestos volátiles. El suero obtenido fue almacenado en envases opacos para protegerlo de la oxidación.

### Figura 12

*Proceso de mezclado de la fase acuosa y oleosa de la formulación*



*Nota.* Elaboración propia.

### Pruebas de eficacia

Se llevaron a cabo pruebas para evaluar la eficacia y aceptación del suero desmaquillante, centradas en los siguientes aspectos:

- **pH:** Se midió el pH del suero para asegurar su compatibilidad con la piel.
- **Aceptación sensorial:** Se realizaron pruebas con diferentes usuarios para evaluar la experiencia sensorial en términos de textura y facilidad de aplicación.
- **Olor y aroma:** Se verificó que el suero mantuviera un aroma suave y fresco característico del hidrolato de limón.
- **Efecto desmaquillante:** Se probó la capacidad del suero para eliminar eficazmente el maquillaje sin irritar la piel.

### **Justificación de selección de la alternativa**

La selección de la alternativa para la producción del suero desmaquillante bifásico se fundamenta en la sostenibilidad, la calidad del producto y la viabilidad económica. A continuación, se presentan los principales argumentos que respaldan esta elección de alternativa:

#### **Enfoque sostenible**

La utilización del hidrolato obtenido de las cáscaras de limón Tahití permite aprovechar un residuo agroindustrial, alineándose con un enfoque de economía circular y reduciendo la generación de desechos. Esta estrategia no solo minimiza el impacto ambiental, sino que responde a las tendencias del mercado que demandan productos naturales y sostenibles.

#### **Calidad del producto**

La destilación por arrastre de vapor fue seleccionada por su capacidad de preservar los compuestos volátiles del hidrolato, asegurando así sus propiedades antioxidantes y purificantes. Esta elección garantiza un producto final de alta calidad, con beneficios específicos para el cuidado de la piel, como la hidratación y la limpieza efectiva.

#### **Viabilidad económica**

El análisis de costos realizado mostró que, a pesar de la inversión en infraestructura y equipos, la alternativa es competitiva en términos económicos en una producción de escala. Además, el uso de materias primas locales reduce costos logísticos.

## Discusión de los Resultados

### Serum desmaquillador

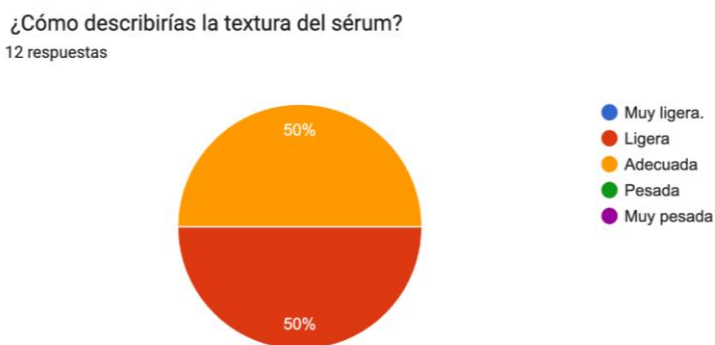
El proceso de producción del sérum desmaquillante natural se desarrolló de manera adecuada, obteniendo un producto homogéneo y estable. Para evaluar la percepción y aceptación del producto, se aplicó una encuesta a 12 usuarios, enfocada en cuatro áreas clave: textura, eficacia, aroma y satisfacción general. Los resultados obtenidos se presentan a continuación, acompañados de gráficos que reflejan los datos recolectados.

#### Textura del sérum

El 50% de los encuestados describieron la textura como *ligera*, mientras que el otro 50% la calificó como *adecuada*. Esto demuestra que el producto logra una consistencia equilibrada, fácil de aplicar y agradable al tacto.

#### Figura 13

*Percepción de la textura del desmaquillante por los usuarios*



## Eficacia en la remoción de maquillaje

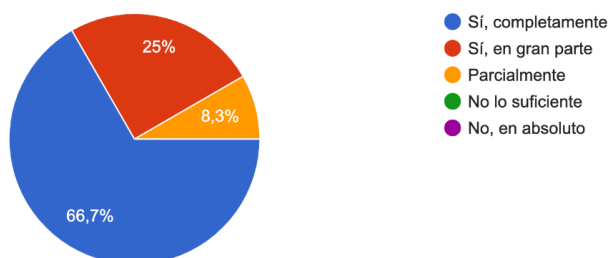
El sérum cumplió con su función principal de desmaquillar. El 66,7% de los usuarios indicó que desmaquilló su rostro completamente, mientras que un 25% señaló que fue efectivo en gran parte. Solo un 8,3% consideró que su eficacia fue parcial. Este resultado valida el desempeño del producto como desmaquillante, con margen de mejora para maquillaje resistente.

### Figura 14

*Eficacia percibida del desmaquillante para remover maquillaje*

¿Consideras que el sérum desmaquilló eficazmente tu rostro?

12 respuestas

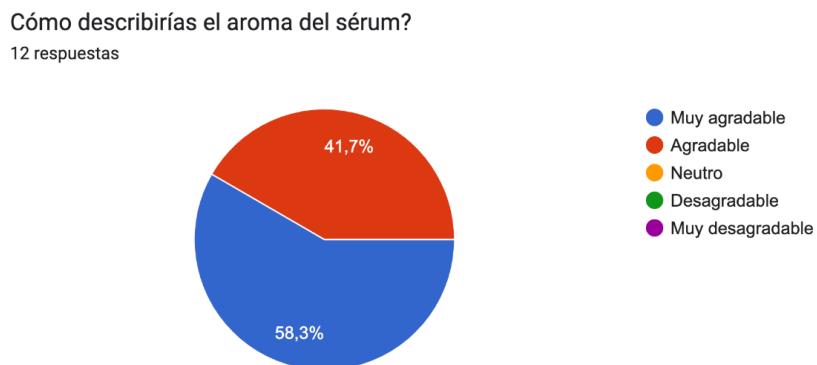


## Aroma del desmaquillante

El aroma fue percibido como *agradable* por el 58,3% de los participantes y *muy agradable* por el 41,7%. Esto sugiere que el hidrolato de cáscara de limón, junto con los demás ingredientes, genera una experiencia olfativa positiva, que refuerza la aceptación del producto.

## Figura 15

Percepción del aroma del desmaquillante por los usuarios

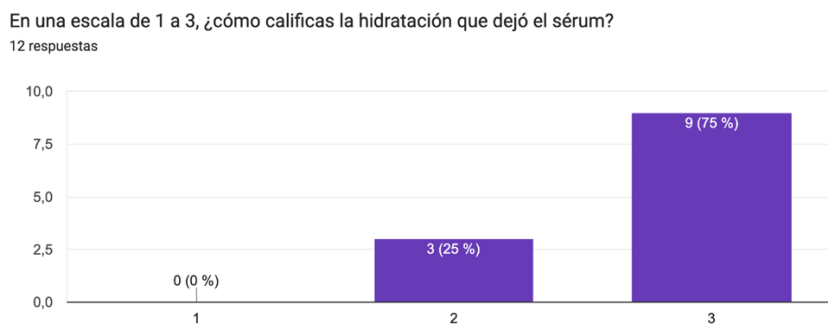


## Hidratación y beneficios adicionales

El 75% de los encuestados calificaron la hidratación como *muy buena* y el 25% como *buena*. Ningún participante reportó que el sérum dejara la piel seca o incómoda, lo que destaca los beneficios hidratantes de ingredientes como la glicerina y el aceite de almendra.

## Figura 16

Calificación de la hidratación proporcionada por el desmaquillante

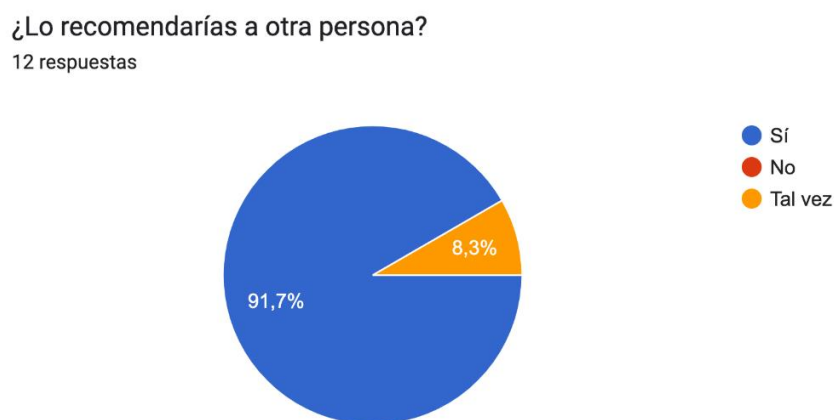


## Satisfacción general y recomendaciones

El 91,7% de los participantes recomendarían el desmaquillante, destacando su facilidad de uso, efectividad y sensación agradable en la piel. En general, el 83,3% calificaron su experiencia como excelente, consolidando la aceptación del producto.

### Figura 17

*Opinión general y disposición a recomendar el desmaquillante*



*Nota.* Gráfico circular sobre la recomendación personal de los usuarios.

## Página web

La página web diseñada ofrece una experiencia personalizada para la recomendación de un desmaquillante sostenible. Se evaluó la funcionalidad del sistema mediante pruebas realizadas con unos participantes: mujeres y hombres. Los hombres utilizaron la página para seleccionar el producto ideal para sus parejas, mientras que las mujeres lo hicieron para su propio uso. Los resultados destacan tanto el éxito de la interfaz como áreas de oportunidad para mejorar la experiencia del usuario.

## Figura 18

### Encuesta de navegación a los usuarios



*Nota.* Gráfico circular sobre la recomendación de para quien es el serum para uno de ellos o un regalo y el otro grafico circular en donde se da es la fácil navegación e interacción dando una muy buena interacción de un 72%

La navegación fue intuitiva y las instrucciones claras. Todos los participantes lograron completar el proceso sin asistencia adicional, lo que valida la eficacia del diseño interactivo. En las figuras 20 y 21 se encuentran fotografías donde se ve el proceso de uso de la pagina web. Se obtuvieron en la tabla se recopilan los aspectos valorados en la utilización y también la facilidad de soporte y la encuetas de esto que se muestra en la figura 21

## Figura 19

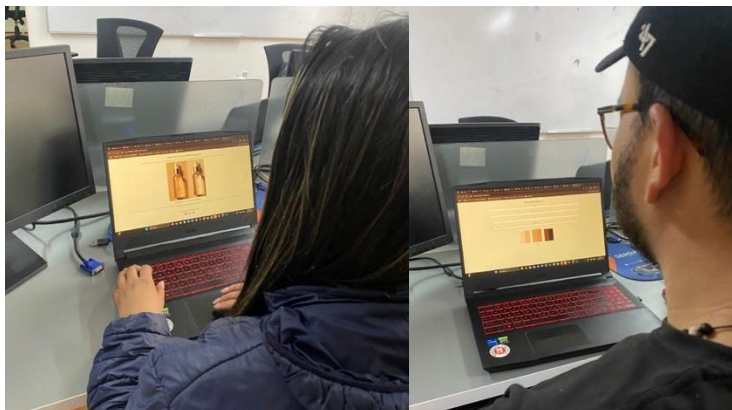
*Opinión general y disposición a recomendar el desmaquillante*



*Nota.* Gráfico circular sobre la respuesta por WhatsApp y el otro grafico circular en y que tan buena es la personalización del producto escogido 72.7 % y muy buena y un 27.2% de bueno

**Figura 20**

*Usuario A y B seleccionando su desmaquillante ideal*



### Análisis de costos

El análisis de costos realizado para la producción del suero desmaquillante bifásico consideró los componentes principales: materias primas en donde se calcularon los costos de cada uno de los ingredientes utilizados en la formulación del suero, incluyendo el hidrolato de limón obtenido previamente., infraestructura y equipos en donde se incluyeron los costos asociados al uso de los equipos de laboratorio necesarios para la extracción y formulación del suero, y recursos humanos para la formulación y supervisión del proceso, se incluyó el costo por hora del ingeniero químico encargado, con un valor de **\$13.187** por hora según (Talent.com., 2024).

Al sumar los costos de materias primas, recursos humanos y uso de infraestructura, se determinó el costo operacional total por unidad de suero desmaquillante bifásico. El costo final por un rango de 100-200 ml del producto se calculó en \$91,561, lo que incluye:

#### Tabla 9

*Costos del desmaquillante definidos en categorías*

<b>Categoría</b>	<b>Costo Total (\$)</b>
Materias primas	20,874
Infraestructura/equipos	57,500
Recursos humanos	13,187
<b>Costo total</b>	<b>91,561</b>

El análisis de costos realizado para el desarrollo de la página web personalizada consideró los componentes principales: recursos tecnológicos, infraestructura y recursos humanos. En los recursos tecnológicos se calcularon los costos asociados al uso de los equipos y software necesarios durante el desarrollo, incluyendo computadora, monitor, mouse, teclado e internet. En la infraestructura, se incluyeron los costos asociados al espacio de trabajo, como

escritorio, silla ergonómica y oficina. Para los recursos humanos, se contempló el costo por hora del desarrollador web encargado del proyecto, con un valor promedio de \$30,000 por hora.

**Tabla 10**

*Costos de la página web definidos en categorías*

<b>Categoría</b>	<b>Costo Total (\$)</b>
Recursos tecnológicos	14,000
Infraestructura	2,200
Recursos humanos	600,000
<b>Costo total</b>	<b>616,200</b>

### **Análisis financiero**

El análisis financiero del proyecto se realizó utilizando el simulador financiero de la Universidad EAN, el cual permite estructurar y evaluar de manera integral los principales aspectos económicos involucrados. Este proceso se dividió en cinco pasos clave que abarcan desde la proyección de ventas y los gastos iniciales, hasta la financiación, análisis de estados financieros y el resumen general del proyecto. A continuación, se presenta un resumen de los aspectos más relevantes en cada etapa del análisis.

**Figura 21** Análisis de resultados financieros en Software



## Conclusiones

**Extracción de aceite esencial e hidrolato:** Se confirmó la eficacia de la destilación por arrastre de vapor para obtener compuestos bioactivos de las cáscaras de limón Tahití, preservando su integridad química y funcionalidad, lo cual respalda su uso como ingredientes de alta calidad.

**Formulación del desmaquillante bifásico:** Se desarrolló un método que garantiza la estabilidad de los componentes frente a factores externos, resultando en un producto eficaz y seguro para el cuidado de la piel.

**Desarrollo de una página web personalizada:** Se implementó una plataforma interactiva que integra algoritmos inteligentes para recomendar el suero desmaquillante ideal según el tipo de piel del usuario, haciendo uso de tecnologías como HTML, CSS, Python y frameworks modernos.

**Análisis de viabilidad ambiental y económica:** Se demostró que el uso de cáscaras de limón como materia prima contribuye a la sostenibilidad ambiental al reutilizar desechos agroindustriales y es económicamente viable, posicionando al proyecto como una solución innovadora y responsable.

El desarrollo del sérum desmaquillante natural demostró ser exitoso tanto en términos de formulación como de percepción por parte de los usuarios. La combinación de ingredientes naturales como el hidrolato de cáscaras de limón, glicerina, aceite de almendra y agua destilada permitió obtener un producto homogéneo, estable y funcional. Los resultados de la evaluación indicaron que el sérum es eficaz para remover maquillaje, seguro para la mayoría de los tipos de

piel y ofrece beneficios adicionales como hidratación y una experiencia sensorial agradable gracias a su aroma y textura.

La página web desarrollada representa una solución innovadora y efectiva para la personalización de productos de cuidado personal. Su diseño intuitivo, combinado con elementos visuales atractivos y alineados con los valores de sostenibilidad, crea una experiencia de usuario fluida y agradable.

El uso de imágenes de alta calidad y una estructura clara no solo hace que la página sea visualmente atractiva, sino que también refuerza la confianza en el producto final. Además, la integración de redes sociales en la sección de resultados permite ampliar el alcance de la marca y fortalecer la conexión con los consumidores.

## Referencias

- Ahmad, M. K., Zahid, I., Sadia, R., & Yousaf, Z. (2024). Role of vitamin C in skin aging mechanism-A narrative review. *Journal of Health and Rehabilitation Research*, 4(2), Article 1078. <https://doi.org/10.61919/jhrr.v4i2.1078>
- Anna-Lena, Herbig., Jean-François, Maingonnat., Catherine, M.G.C., Renard. (2017). 2. Oxygen availability in model solutions and purées during heat treatment and the impact on vitamin C degradation. *Lwt - Food Science and Technology*, doi: 10.1016/J.LWT.2016.09.033
- Ariza, E. D. A. (2024, May 23). *5 datos que muestran la proyección del mercado*. Escuela Dr. Amin Ariza - Barranquilla. <https://escuelaaminariza.edu.co/5-datos-que-muestran-la-proyeccion-del-mercado/>
- Aruna, T. D., H., G. K., K., K. S., & Vellaikumar, S. (2022). Physicochemical, antioxidant and antimicrobial properties of citrus peel essential oils. *Journal of Applied and Natural Science*, 14(2), Article 3484. <https://doi.org/10.31018/jans.v14i2.3484>
- Brignone SG, Ravetti S, Palma SD. Efectos biológicos de la Vitamina C y su implicancia en el diseño de formulaciones tópicas. *Rev Esp Cien Farm*. 2020;1(2):169-82.
- Brown, A. (2021). Realidad aumentada en cosméticos. *Innovación en Belleza*, 8(1), 22-33
- Castaño Amores, C., & Hernández Benavides, P. J. (2018). Activos antioxidantes en la formulación de productos cosméticos antienvjecimiento. *Ars Pharmaceutica (Internet)*, 59(2), 77–84. <https://doi.org/10.30827/ars.v59i2.7518>
- Cerutti, M., & Neumayer, F. (2004). *Introducción a la obtención de aceite esencial de limón*. *Invenio*, 7(12), 149-155. Universidad del Centro Educativo Latinoamericano. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=87701214>
- Consorcio NAM Ltda & VELZEA Ltda. (2008). *Gestión de los residuos orgánicos en las plazas de mercado de Bogotá*. Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente (DAMA) y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Recuperado de <https://www.ambientebogota.gov.co/documents/10184/506375/Gesti%C3%B3n+de+los+residuos+org%C3%A1nicos+en+las+plazas+de+mercado+de+Bogot%C3%A1.pdf/adf49ada-de92-4f00-9241-24798c6f0ee0>
- Contact, A. (2023, December 7). El escorbuto y el descubrimiento de la vitamina C. *ARGALYS*. [https://www.argalys.com/es/blogs/consejos/le-scorbut-et-la-vitamine-c?srsId=AfmBOoqSq3gP-md5HxSdUsNAid0GkIu\\_te8j-nlReSX37JYrCUwOOP-D](https://www.argalys.com/es/blogs/consejos/le-scorbut-et-la-vitamine-c?srsId=AfmBOoqSq3gP-md5HxSdUsNAid0GkIu_te8j-nlReSX37JYrCUwOOP-D)
- Congreso de Colombia. (1993). *Ley 99 de 1993: Por la cual se crea el Ministerio del Medio ambiente, se reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental - SINA, y se dictan otras disposiciones*. Recuperado de <https://www.minambiente.gov.co>

- Congreso de Colombia. (2014). *Ley 1715 de 2014: Por la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional*. Recuperado de <https://www.funcionpublica.gov.co>
- Congreso de Colombia. (2008). *Ley 1252 de 2008: Por la cual se dictan normas prohibitivas en materia ambiental, referentes a los residuos peligrosos y se dictan otras disposiciones*. Recuperado de <https://www.minambiente.gov.co>
- Congreso de Colombia. (1959). *Ley 155 de 1959: Por la cual se dictan disposiciones sobre prácticas comerciales restrictivas*. Recuperado de <https://www.sic.gov.co>
- Departamento Administrativo de la Función Pública. (2002). Decreto 1713 de 2002. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=5542>
- Departamento Administrativo de la Función Pública. (2002). Decreto 667 de 1995. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=9751>
- Departamento Administrativo de la Función Pública. (2002). Decreto 1729 de 2002. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=5534>
- Euromonitor International. (2022). El e-commerce en cosmética: Innovación y tendencias. Recuperado de <https://www.euromonitor.com>
- Fisher, G. J., Wang, Z. Q., Datta, S. C., Varani, J., Kang, S., & Voorhees, J. J. (1997). Pathophysiology of premature skin aging induced by ultraviolet light. *The New England Journal of Medicine*, 337(20), 1419-1428. <https://doi.org/10.1056/NEJM199705153372014>
- Fitzpatrick, R. E., Rostan, E. F., & Uitto, J. (2002). Double-blind, half-face study comparing topical vitamin C and vehicle for rejuvenation of photodamage. *Dermatologic Surgery*, 28(3), 231-236. <https://doi.org/10.1046/j.1524-4725.2002.02016.x>
- Francesca, Susa., Ameia, Sparavigna. (2023). 10. Advances in Ascorbic Acid (Vitamin C) Manufacturing: Green Extraction Techniques from Natural Sources. Processes, doi: 10.3390/pr11113167
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M., & Hultink, E. J. (2017). The circular economy—A new sustainability paradigm?. *Journal of Cleaner Production*, 143, 757-768. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>
- Gómez-Cruz, I., Torres-León, C., & Aguilar, C. N. (2020). Valorization of agricultural residues in the cosmetic industry. *Waste and Biomass Valorization*, 11(2), 485–497. <https://doi.org/10.1007/s12649-019-00735-3>
- González Minero, F. J., & Bravo Díaz, L. (2017). Historia y actualidad de productos para la piel, cosméticos y fragancias. Especialmente los derivados de las plantas. *Ars Pharmaceutica (Internet)*, 58(1), 05–12. <https://doi.org/10.30827/ars.v58i1.5915>
- Gupta R, Kumari K, Sharma PK. (2017). Nano-Cosmeceuticals: An emerging Novel trend towards Dermal care. *Adv. Cosmet. Dermatology*. 3(1): 1-12.

- Herráez, A. (2009). *Vitamina C*. Uah.Es. Retrieved September 11, 2024, from <https://biomodel.uah.es/metab/vit/C/inicio.htm>
- Jingwen, Zhou., Guocheng, Du., Jian, Chen. (2011). 3. Metabolic engineering of microorganisms for vitamin C production.. Sub-cellular biochemistry, doi: 10.1007/978-94-007-5055-5\_12
- Johnson, L. (2022). El papel de la IA en la industria de la belleza. *Tecnología y Cosmética*, 10(2), 34-45.
- Matallana Kuan, L., Benavides Bolaños, M. L., Sánchez Rodríguez, A. V., & González, S. M. (2019). *Oportunidades y desafíos del sector de productos naturales en Colombia: Una mirada desde la bioeconomía*. <https://doi.org/10.22490/ECACEN.3485>
- Mayo Clinic. (2023). *Vitamin C*. <https://www.mayoclinic.org/es-es/drugs-supplements-vitamin-c/art-20363932>
- MedlinePlus. (2023). *Vitamina C*. <https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/002404.htm>
- Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. (2002). *Decreto 1713 de 2002*. Recuperado de <https://www.mincit.gov.co/ministerio/normograma-sig/procesos-de-apoyo/gestion-de-recursos-fisicos/decretos/decreto-1713-de-2002.aspx>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (1977). Decreto 1449 de 1977. <https://miambiente.gov.co/documento-normativa/decreto-1449-de-1977/>
- Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. (1979). Resolución 2400 de 1979. <https://alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=53565>
- Moglie, G. L. (2023, September 5). *Guía completa de dermocosmética: conceptos básicos y beneficios*. GLM Dermofarmacia, Guille Le Moglie. <https://glmdermofarmacia.com/guia-dermocosmetica-conceptos/>
- Muzafar R.S., Nuzhatun N., Raheel M., Sheikh S., Syed S., A Tasleem A. (2015). Therapeutic and Diagnostic Applications of Nanotechnology in Dermatology and Cosmetics Nanomedicine & Biotherapeutic. *Discovery Journal of Nanomedicine & Biotherapeutic Discovery*. 5(3):1–10.
- Ngo, Thi, To, Quyen., Nguyen, Thi, Ngoc, Quyen., Huynh, Thi, Kieu, Linh., Thuy, Trang, Le, Ngoc., Hoang, Le, Tuan, Anh., Nguyen, Hong, Khoi, Nguyen., Thien, Hien, Tran., Huynh, Ngoc, Thanh, Tam., Mai, Huynh, Cang. (2020). 5. Essential Oil from Lemon (*Citrus aurantifolia*) Grown in Ben Tre Province, Vietnam:Condition Extraction, Chemical Composition and Antibacterial Properties. *Asian Journal of Chemistry*, doi: 10.14233/AJCHEM.2020.22192
- Nusgens, B. V., Humbert, P., Rougier, A., Colige, A. C., Haftek, M., Lambert, C. A., ... & Lapière, C. M. (2001). Topically applied vitamin C enhances the mRNA level of collagens I and III, their processing enzymes, and tissue inhibitor of matrix metalloproteinase 1 in the human dermis. *Journal of Investigative Dermatology*, 116(6), 853-859. <https://doi.org/10.1046/j.0022-202x.2001.01337.x>

- Chapter. (n.d.). *9.32 enzymatic functions*. Lumenlearning.com. Retrieved September 17, 2024, from <https://courses.lumenlearning.com/suny-nutrition/chapter/9-32-enzymatic-functions/>
- Pardeike, J., Hommoss, A., & Müller, R. H. (2009). Lipid nanoparticles (SLN, NLC) in cosmetic and pharmaceutical dermal products. *International journal of pharmaceutics*, 366(1-2), 170–184. <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2008.10.003>
- Phang, J. M. (2023). The regulatory mechanisms of proline and hydroxyproline metabolism: Recent advances in perspective. *Frontiers in Oncology*. <https://doi.org/10.3389/fonc.2022.1118675>
- Pinnell, S. R., Yang, H., Omar, M., Riviere, N. M., DeBuys, H. V., Walker, L. C., ... & Levine, M. (2001). Topical L-ascorbic acid: Percutaneous absorption studies. *Dermatologic Surgery*, 27(2), 137-142. <https://doi.org/10.1097/S00007122-200102000-00010>
- Pullar, J.; Carr, A. C.; Vissers, M. C. M. The Roles of Vitamin C in Skin Health. *Nutrients*, 2017, 9, 866.
- Riley, P. A.; Mecanistics Aspects of the Control of Tyrosinase Activity. *Pigment Cell Res*, 1993, 6, 182-185.
- Wikipedia contributors. (n.d.). *Proceso de Reichstein*. Wikipedia, The Free Encyclopedia. [https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Proceso\\_de\\_Reichstein&oldid=147922798](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Proceso_de_Reichstein&oldid=147922798)
- Rodríguez, L. (2021, May 24). Vitamina C en la piel. *Química cosmética*. <https://quimicacosmetica.com/vitamina-c-en-la-piel/>
- Serra, H. M., & Cafaro, T. A. (2007). Ácido ascórbico: desde la química hasta su crucial función protectora en ojo. *Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana*, 41(4), 525–532. [https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0325-29572007000400010](https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0325-29572007000400010)
- Sheraz, M. A., Ahmed, S., Ahmad, I., Hussain, R., Shaikh, F., Vaid, F. H., & Kefi, I. (2010). Formulation and stability of ascorbic acid in topical preparations. *Systematic Reviews in Pharmacy*. <https://doi.org/10.4103/0975-8453.86296>
- Smith, J. (2023). Innovación y personalización en cosmética. *Revista de Belleza y Tecnología*, 15(3), 45-56.
- Soledad, R., Camila, M., Clemente, S., Gisella, B., Lisandro, Y., Hergert, D., Alberto, A., & Santiago, D. P. (2019). Ascorbic acid in skin health. *Cosmetics*, 6(4), 58. <https://doi.org/10.3390/cosmetics6040058>
- Topical antioxidant vitamins C and E prevent UVB-radiation-induced peroxidation of eicosapentaenoic acid in pig skin. (2002). *Radiation Research*, 157, 402-409.
- Topical L-ascorbic acid: percutaneous absorption studies (2001). *Dermatol Surg*, 27,137-42.
- Topical vitamin C protects porcine skin from ultraviolet radiation-induced damage. (1992). *British Journal of Dermatology*, 127, 247-253.

Del Carpio Jiménez, C., Urrunaga Ormachea, M., Gutierrez Chavez, R. G., & Tomaylla Cruz, C.

(2022). Propiedades fisicoquímicas, composición química y actividad antioxidante del aceite esencial DE Citrus jambhiri (Limón rugoso). *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 88(3). <https://doi.org/10.37761/rsqp.v88i3.403>

Talent.com. (2024). Salario de un Ingeniero Químico en Colombia. Recuperado de <https://co.talent.com>