

Aprovechamiento de subproductos de la extracción de fibras de fique para la producción de jabón con propiedades suavizantes y blanqueantes

Angela Lorena Pinzón Infante y Tatiana Yizeth Tovar Jaimes

Trabajo de Grado para optar el título de Ingeniero Químico

Directora

Luz Marina Ballesteros Rueda

Doctora en Electroquímica, Ciencia y Tecnología

Codirector

German Adolfo Díaz Ramírez

Doctor en Ingeniería de Materiales

Universidad Industrial de Santander  
Facultad de Ingenierías Físicoquímicas  
Escuela de Ingeniería Química  
Bucaramanga

2026

**Tabla de contenido**

|  | Pág |
|--|-----|
| Introducción .....   | 9   |
| 1. Objetivos .....   | 10  |
| 1.1. Objetivo general .....  | 10  |
| 1.2. Objetivos específicos.....  | 10  |
| 2. Estado de arte .....  | 11  |
| 3. Metodología.....  | 12  |
| 3.1. Extracción del jugo de fique.....                                     | 13  |
| 3.2. Caracterización fisicoquímica .....                                   | 14  |
| 3.2.1. Determinación de la densidad relativa .....                         | 14  |
| 3.2.2. Determinación del pH .....  | 14  |
| 3.2.3. Determinación de turbidez .....                                     | 15  |
| 3.2.4. Determinación del punto de ebullición.....                          | 15  |
| 3.2.5. Determinación de solidos totales.....                               | 15  |
| 3.3. Caracterización fitoquímica.....                                      | 16  |
| 3.3.1. Detección de saponinas .....  | 16  |
| 3.4. Evaluación y selección de aditivos blanqueantes y suavizantes.....    | 16  |
| 3.5. Formulación del jabón con propiedades suavizantes y blanqueantes..... | 18  |
| 3.5.1. Preparación del jugo de fique para la formulación.....              | 18  |
| 3.5.2. Recolección y filtración del aceite reciclado.....                  | 19  |
| 3.5.3. Caracterización fisicoquímica del aceite .....                      | 19  |
| 3.5.4. Preparación de la solución alcalina .....                           | 20  |
| 3.5.5. Proceso de saponificación .....                                     | 20  |
| 3.5.6. Dilución de la pasta con jugo de fique .....                        | 21  |
| 3.5.7. Incorporación de aditivos .....                                     | 21  |
| 3.6. Caracterización fisicoquímica del jabón .....                         | 22  |
| 3.6.1. Determinación de pH.....  | 22  |
| 3.6.2. Determinación de la viscosidad.....                                 | 22  |

|  |    |
|--|----|
| 3.6.3. Formación y estabilidad de espuma .....                               | 22 |
| 3.6.4. Estabilidad del Jabón.....  | 23 |
| 3.7. Evaluación del desempeño en fibras de fique .....                       | 24 |
| 3.7.1. Evaluación de blanqueamiento .....                                    | 24 |
| 3.7.2. Evaluación de suavidad .....  | 24 |
| 4. Resultados .....  | 25 |
| 4.1. Caracterización fisicoquímica .....                                     | 25 |
| 4.2. Caracterización fitoquímica.....  | 27 |
| 4.3. Preparación del jugo de fique para la formulación.....                  | 28 |
| 4.4. Formulación del jabón líquido .....                                     | 29 |
| 4.4.1. Determinación del índice de saponificación del aceite reciclado ..... | 30 |
| 4.4.2. Obtención de la pasta base del jabón.....                             | 32 |
| 4.4.3. Obtención del jabón líquido .....                                     | 33 |
| 4.4.4. Adición de aditivos blanqueantes y suavizantes .....                  | 33 |
| 4.5. Caracterización del jabón líquido.....                                  | 34 |
| 4.6 Evaluación de la eficiencia del jabón en fibras de fique.....            | 38 |
| 4.6.1. Evaluación de blanqueamiento.....                                     | 38 |
| 4.6.2. Evaluación de suavizado .....   | 41 |
| 5. Conclusiones .....  | 43 |
| Referencias bibliográficas .....   | 45 |
| Apéndice .....   | 53 |

**Lista de tablas**

|   | Pág |
|---|-----|
| Tabla 1. Formulaciones con aditivos blanqueantes y suavizantes. ....                                | 17  |
| Tabla 2. Escala estructurada de suavidad. ....  | 25  |
| Tabla 3. Caracterización fisicoquímica del jugo de <i>F. macrophylla</i> y <i>F. gigantea</i> ..... | 26  |
| Tabla 4. Seguimiento de pH para ambas especies. ....  | 28  |
| Tabla 5. Formulación para 155g del jabón líquido. ....  | 30  |
| Tabla 6. Propiedades de los jabones elaborados para ambas especies de jugo de fique.....            | 34  |
| Tabla 7. Seguimiento a temperatura ambiente de pH para los jabones de ambas especies. ....          | 35  |
| Tabla 8. Viscosidad de los jabones elaborados a partir de las especies de fique .....               | 36  |
| Tabla 9. Porcentaje de blanqueamiento de las fibras de fique tratadas durante 3 semanas. ....       | 40  |
| Tabla 10. Evaluación sensorial de las fibras de fique tratadas.....                                 | 42  |

**Lista de figuras**

|  | Pág |
|--|-----|
| Figura 1. Diagrama de flujo general de la metodología empleada.....  | 13  |
| Figura 2. Procedimiento de obtención del jugo de fique.....  | 13  |
| Figura 3. Métodos utilizados en la caracterización fisicoquímica.....  | 14  |
| Figura 4. Procedimiento para la prueba de Molisch.....   | 16  |
| Figura 5. Procedimiento para la formación y estabilidad de espuma.....   | 23  |
| Figura 6. Diferencia de coloración del jugo de fique .....   | 25  |
| Figura 7. Prueba de Molish en el jugo de fique de las especies <i>F. Macrophylla</i> y <i>F. Gigantea</i> .... | 27  |
| Figura 8. Índice de saponificación del aceite de palma para sus diferentes ciclos de utilización.              | 31  |
| Figura 9. Formación de la pasta de jabón durante la saponificación.....  | 32  |
| Figura 10. Formación de hilo en el jabón líquido. ....   | 33  |
| Figura 11. Muestras de los jabones líquidos correspondientes a tres semanas posteriores a su elaboración ..... | 36  |
| Figura 12. Comportamiento del volumen de espuma a lo largo del tiempo para ambas especies.                     | 37  |
| Figura 13. Porcentaje de blanqueamiento de las fibras tratadas con los jabones.....                            | 38  |
| Figura 14. Fibra de fique antes y después del tratamiento. ....  | 39  |
| Figura 15. Fibras empleadas para el proceso de blanqueamiento. ....  | 41  |
| Figura 16. Evaluación sensorial de la fibra de fique sin tratamiento.....                                      | 42  |

**Lista de apéndices**

|   | Pág. |
|---|------|
| Apéndice A. Prueba del índice de saponificación. ....   | 53   |
| Apéndice B. Prensado y medición del porcentaje de blanqueamiento .....  | 53   |
| Apéndice C. Jabones realizados con <i>F. macrophylla</i> y <i>F. gigantea</i> .....                                     | 54   |
| Apéndice D. Jabones con presencia de reacciones indeseadas para ambas especies.....                                     | 55   |
| Apéndice E. Evaluación de blanqueamiento en fibras de fique con jabón formulado a partir de percarbonato de sodio. .... | 56   |
| Apéndice F. Caracterización fisicoquímica.....  | 56   |
| Apéndice G. ANOVA de dos vías.....  | 58   |

## Resumen

**Título:** Aprovechamiento de subproductos de la extracción de fibras de fique para la producción de jabón con propiedades suavizantes y blanqueantes\*

**Autor:** Angela Lorena Pinzón Infante, Tatiana Yizeth Tovar Jaimes\*\*

**Palabras clave:** Jugo de Fique, *Furcraea macrophylla*, *gigantea*, Jabón, Formulación, Saponificación, Caracterización.

**Descripción:** En el proceso de extracción de la fibra de fique se generan subproductos que representan aproximadamente el 96% de la masa de cada hoja, entre los cuales se encuentran el bagazo y el jugo. El vertimiento inadecuado de este último constituye un potencial agente contaminante de suelos y fuentes hídricas. Sin embargo, su composición rica en saponinas permite su aprovechamiento dentro de esquemas de sostenibilidad y economía circular. En este estudio se utilizaron jugos de fique de las especies *Furcraea macrophylla* y *Furcraea gigantea*, endémicas del departamento de Santander, junto con aceite de cocina reciclado saponificado con KOH. A partir de esta base se desarrollaron cuatro formulaciones experimentales mediante la incorporación de distintos agentes blanqueantes y suavizantes: (i)  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ,  $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$  y percarbonato de sodio, (ii)  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$  y polyquaternium7, (iii)  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$  y sábila, (iiii)  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$  y  $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$ . Las fibras fueron tratadas con los jabones formulados, variando el tiempo de inmersión (6, 8 y 24 horas), la concentración de agentes blanqueantes (1%, 5% y 10% p/p) y suavizantes (5% y 10% p/p). El blanqueamiento de las fibras se midió con el medidor de blancura digital PCE-WSB, mientras que la suavidad fue determinada mediante análisis sensorial. La formulación cuatro, elaborada con jugo de la especie *F. macrophylla* alcanzó 94.8% de blanqueamiento a las 24 horas de inmersión, mientras que la misma formulación, pero preparada con la especie *F. gigantea*, presentó un blanqueamiento del 91.3% en el mismo tiempo, valores superiores a la blancura inicial de la fibra sin tratamiento (37,8%). En cuanto a la suavidad, se observó una mejora moderada en la percepción táctil de las fibras, sin evidenciar una mejora significativa de su textura natural. Estos resultados confirman la viabilidad del jugo de fique como insumo para la formulación de jabones, y su valorización como subproducto de la industria fiquera.

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Ingeniería Química. Director: Luz Marina Ballesteros Rueda. Doctora en Electroquímica, Ciencia y Tecnología. Codirector: German Adolfo Díaz Ramírez. Doctor en Ingeniería de Materiales.

### Abstract

**Title:** Utilization of byproducts from fique fiber extraction to produce soap with softening and whitening properties\*

**Author:** Angela Lorena Pinzón Infante, Tatiana Yizeth Tovar Jaimes\*\*

**Keywords:** Fique juice, *Furcraea macrophylla*, *Furcraea gigantea*, Soap, Formulation, Saponification, Characterization

**Description:** The fique fiber extraction process generates by-products that account for approximately 96% of the mass of each leaf, including bagasse and juice. Improper disposal of the latter is a potential contaminant of soil and water sources. However, its saponin-rich composition allows it to be used in sustainability and circular economy schemes. In this study, fique juices from the species *Furcraea macrophylla* and *Furcraea gigantea*, endemic to the department of Santander, were used, together with recycled cooking oil saponified with KOH. From this base, four experimental formulations were developed by incorporating different bleaching and softening agents: (i)  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ,  $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$  and sodium percarbonate, (ii)  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$  and polyquaternium-7, (iii)  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$  and aloe vera, (iiii)  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$  and  $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$ . The fibers were treated using the formulated soaps, varying the immersion time (6, 8 and 24 hours), the concentration of bleaching agents (1%, 5% and 10% w/w) and softeners (5% and 10% w/w). The whitening of the fiber was measured with the PCE-WSB digital whiteness meter, while softness was determined by sensory analysis. Formulation four, made with juice from the species *F. macrophylla*, achieved 94.8% bleaching after 24 hours of immersion, while the same formulation, but prepared with the species *F. gigantea*, showed 91.3% bleaching in the same time, values higher than the initial whiteness of the untreated fiber (37.8%). In terms of softness, a moderate improvement in the tactile perception of the fibers was observed, without evidence of a significant improvement in their natural texture. These results confirm the viability of fique juice as an input for soap formulation and its value as a by-product of the fique industry.

---

\* Degree Work

\*\* Faculty of Physicochemical Engineering. School of Chemical Engineering. Director: Luz Marina Ballesteros Rueda. Ph.D in Electrochemistry, Science and Technology. Co-Director: German Adolfo Díaz Ramírez. Ph.D in Materials Engineering.

## Introducción

La producción de fibras de fique en Colombia es una actividad económica relevante que sustenta a unas 80,000 familias campesinas. A pesar de esto, la industria enfrenta un grave problema tanto económico como ambiental. Solo se aprovecha el 4% de la hoja de fique para la obtención de fibra, mientras que el 96% restante se convierte en un residuo con alto potencial contaminante (Lozano, 2012). Este subproducto, más allá de considerarse únicamente como residuo, representa un recurso valioso que podría tener un valor agregado si se gestionara de manera adecuada, especialmente a través de alternativas que favorezcan la sostenibilidad y la economía circular. Estudios previos han demostrado que el jugo extraído del fique posee propiedades tensoactivas y antimicóticas (Duque, 1999), convirtiéndolo en un candidato prometedor para la producción de jabones. Aprovechar estos subproductos no solo ayudaría a disminuir el impacto ambiental de la industria del fique, sino que también generaría nuevas oportunidades económicas para las comunidades productoras.

En este contexto, el presente trabajo tiene como objetivo evaluar el uso del jugo de fique como materia prima para la elaboración de un jabón con propiedades blanqueantes y suavizantes, para su aplicación sobre las mismas fibras de fique extraídas. Para ello, se analizó el desempeño del jabón formulado a partir del jugo de dos especies del género *Furcraea*, evaluando su efecto de mejora sobre las fibras, así como la estabilidad del producto obtenido. De esta manera, se busca demostrar el potencial del jugo de fique como un subproducto de alto valor funcional, capaz de ser aprovechado de forma más adecuada dentro de la industria del fique, contribuyendo al fortalecimiento de su cadena productiva y a la reducción de su impacto ambiental.

## **1. Objetivos**

### **1.1. Objetivo general**

Evaluar una alternativa natural que fomente el uso sostenible y el aprovechamiento del jugo de fique, un subproducto generado en la extracción de fibras de fique, para la producción de jabón con propiedades blanqueantes y suavizantes.

### **1.2. Objetivos específicos**

Determinar la viabilidad del jugo de fique para la producción de jabones en términos de sus propiedades fisicoquímicas.

Evaluar el efecto de la adición de compuestos blanqueantes y suavizantes al jabón sintetizado a partir del jugo de fique, valorando su eficacia en el blanqueo y en la suavidad de las fibras tratadas.

## 2. Estado de arte

La reutilización de los residuos generados por los procesos de extracción de fibras de fique ha sido objeto de gran interés debido a las preocupaciones ambientales asociadas a su manejo y a las oportunidades de valorización de estos subproductos. En Colombia, el cultivo y procesamiento del fique genera grandes cantidades de residuos, ya que la fibra representa solo el 4% del producto total. El 96% restante está compuesto en su mayoría por jugo (70%) y tallo/bagazo (26%) (Lozano, 2012). Estos subproductos, en especial el jugo de fique, presentan propiedades fisicoquímicas que los hacen tóxicos para el medio ambiente, principalmente en las fuentes hídricas debido a su alta carga orgánica (Castro *et al.*, 2024), lo que resalta la necesidad de encontrar alternativas que permitan mitigar su potencial contaminante.

La literatura evidencia que las saponinas presentes en el jugo de fique tienen una alta capacidad tensoactiva, lo que las hace ideales para la elaboración de productos de limpieza (Duque, 1999). Estas sustancias permiten la emulsificación de grasas y la reducción de la tensión superficial, características que son deseables en la elaboración de jabones. Además, el aprovechamiento de estos residuos no solo contribuye a la disminución del impacto ambiental asociado a su disposición inadecuada, sino que también mejora el potencial de valor agregado de la cadena productiva del fique (Taborda *et al.*, 2011). Diversas investigaciones han explorado alternativas para el aprovechamiento del jugo de fique, entre las que se incluyen la reutilización del agua de lavado de la fibra hasta el uso del "licor verde" para estabilizar suelos en construcciones (Hoyos *et al.*, 2012; Lozano, 2012). Asimismo, se ha reportado el uso de este subproducto como bioinsumo agrícola para el control de plagas en cultivos y la preparación de biofertilizantes (Diaz *et al.*, 2015).

De manera complementaria, el uso de saponinas de origen natural en la formulación de productos de limpieza ha mostrado resultados favorables, como se demuestra en el caso del fruto

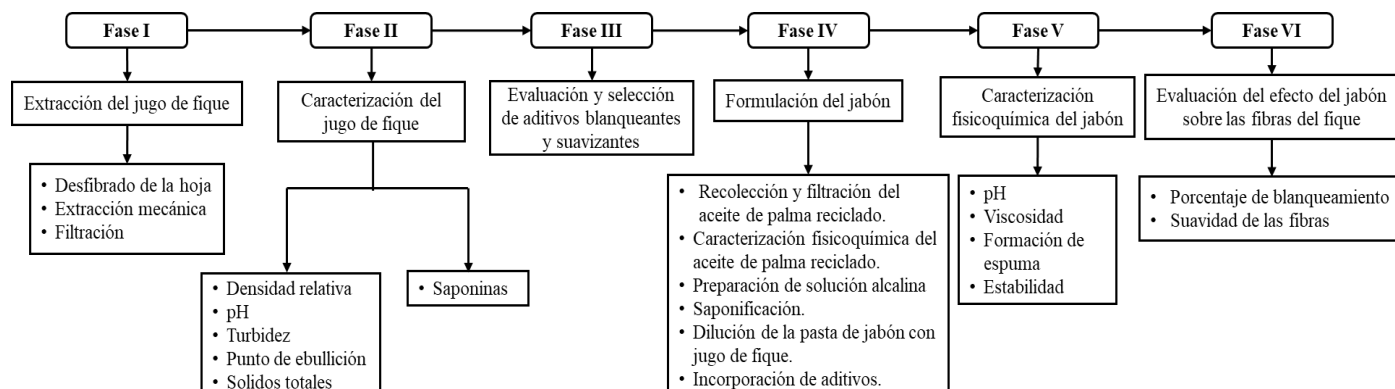
del árbol *Sapindus Saponaria*, en el cual reportaron una alta capacidad de remoción de suciedad y una adecuada biodegradabilidad de soluciones jabonosas elaboradas a partir de estos extractos, evidenciando el potencial de las saponinas como agentes tensoactivos naturales (Vargas *et al.*, 2022). Este comportamiento sugiere que las saponinas presentes en el jugo de fique podrían presentar un desempeño similar. Adicionalmente, se han desarrollado productos comerciales basados en saponinas vegetales, como el detergente elaborado a partir de saponinas de quinua (Quinzap), el cual demuestra la viabilidad de sustituir compuestos sintéticos por alternativas más amigables con el medio ambiente, sin comprometer la efectividad del producto (Vargas *et al.*, 2022). Sin embargo, la literatura disponible se ha enfocado principalmente en aplicaciones generales de las saponinas y en el aprovechamiento del jugo de fique como subproducto, siendo escasos los estudios que abordan su aplicación directa en la formulación de jabones destinados al tratamiento de fibras de fique.

### 3. Metodología

El proyecto de investigación se desarrolló mediante una metodología experimental, empleando jugo de fique proveniente de las especies *Furcraea macrophylla* y *Furcraea gigantea*, con el fin de identificar las variaciones fisicoquímicas y fitoquímicas entre especies, así como evaluar viabilidad, desempeño y eficiencia en la elaboración de jabones con propiedades blanqueantes y suavizantes, destinados a su aplicación sobre las fibras de fique. El esquema metodológico correspondiente se presenta en la Figura 1.

**Figura 1.**

*Diagrama de flujo general de la metodología empleada.*

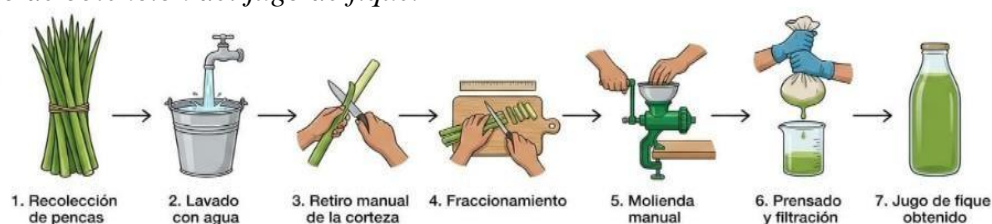


### 3.1. Extracción del jugo de fique

Se recolectaron dos lotes de pencas de fique correspondientes a *Furcraea macrophylla* y *Furcraea gigantea*, en los municipios de San Gil y Curití. Posteriormente, las pencas fueron sometidas a un lavado con agua para eliminar impurezas superficiales, seguido del retiro manual de la corteza. Con el fin de optimizar su manipulación y facilitar su procesamiento, las pencas se fraccionaron en segmentos de aproximadamente 10 cm, los cuales fueron procesados en un molino manual. La biomasa húmeda resultante se sometió a un prensado manual utilizando una tela tipo tul, a través de la cual se filtró el jugo restante. El procedimiento descrito anteriormente se puede observar en la Figura 2.

**Figura 2.**

*Procedimiento de obtención del jugo de fique.*



### 3.2. Caracterización fisicoquímica

Con el fin de garantizar la precisión de los resultados, se utilizó un lote de 500 ml para cada especie de jugo de fique (*Macrophylla* y *Gigantea*). A partir de cada lote se tomaron las muestras necesarias para realizar tres repeticiones independientes para llevar a cabo la caracterización fisicoquímica. (Figura 3).

#### Figura 3.

*Métodos utilizados en la caracterización fisicoquímica.*



#### 3.2.1. Determinación de la densidad relativa

La densidad relativa del jugo de fique se determinó mediante el método de picnometría, una técnica comúnmente empleada para la medición de la densidad en líquidos (Talens, 2020). Para ello, se empleó un picnómetro de 25 mL y una balanza analítica de precisión (0.1 mg). El procedimiento consistió en registrar la masa del picnómetro vacío, con agua tipo I como fluido de referencia y posteriormente con la muestra de jugo de fique.

#### 3.2.2. Determinación del pH

La determinación del pH del jugo de fique se efectuó por medición directa utilizando un pH-metro Hanna, previamente calibrado con soluciones buffer estándar. Para cada medición se emplearon 25 mL de muestra de jugo.

### **3.2.3. Determinación de turbidez**

La turbidez del jugo de fique se determinó mediante el método SM 2130-B, basado en la medición nefelométrica de la luz dispersada por las partículas suspendidas a un ángulo de (90°), utilizando un turbidímetro portátil Hach modelo 2100 Q, el cual opera en modo RATIO, relacionando la señal de luz dispersada con la luz transmitida (Acevedo *et al.*, 2013). Este equipo presenta una precisión de lectura de  $\pm 2\%$ . Adicionalmente, se aplicó el método EPA 180.1, el cual se fundamenta en el mismo principio nefelométrico, empleando un factor de dilución de 3.2 con el fin de garantizar que las mediciones se mantuvieran dentro del rango óptimo de detección del equipo.

### **3.2.4. Determinación del punto de ebullición**

El punto de ebullición se determinó mediante calentamiento directo de una muestra de 75 mL de jugo de fique sobre una plancha calefactora. La temperatura de la muestra fue monitoreada mediante el sensor integrado al equipo, siguiendo su variación hasta alcanzar la estabilidad térmica, momento en el cual se hace lectura del valor correspondiente.

### **3.2.5. Determinación de sólidos totales**

La determinación de los sólidos totales del jugo de fique se llevó a cabo aplicando el método SM 2540-B. Para ello, se pesaron 10 g de la muestra en una cápsula de porcelana previamente pesada y se sometieron a secado en horno a 105 °C durante 2 horas, logrando la eliminación completa de la humedad. El porcentaje de sólidos totales se calculó por diferencia de pesos, considerando el valor inicial y final de la muestra.

### 3.3. Caracterización fitoquímica

#### 3.3.1. Detección de saponinas

La detección de saponinas se realizó mediante la prueba de Molisch, siguiendo la metodología de Domínguez (1973) con modificaciones adaptadas para el análisis. El reactivo de Molisch se preparó disolviendo 1 mL de  $\alpha$ -naftol en 19 mL de etanol al 96% (v/v) hasta obtener una solución homogénea. Para el análisis se utilizaron 2 mL de jugo fresco, al cual se le adicionan 0.4 mL del reactivo. Luego, se añadió 1 mL de ácido sulfúrico concentrado de manera cuidadosa por las paredes del recipiente, evitando la agitación directa para evitar una reacción violenta. La formación de un anillo de color violeta en la interfase se establece como indicador cualitativo de la presencia de saponinas en la muestra. Este procedimiento se puede observar en la Figura 4.

#### Figura 4.

*Procedimiento para la prueba de Molisch.*



### 3.4. Evaluación y selección de aditivos blanqueantes y suavizantes

Una vez obtenido el jabón mediante el proceso de saponificación, este fue llevado a fase líquida mediante dilución con jugo de fique. A partir de esta base de jabón líquido, se evaluaron distintas formulaciones experimentales con el fin de analizar el efecto de diferentes agentes blanqueantes y suavizantes sobre las fibras de fique. La selección de los aditivos se realizó considerando su uso reportado en procesos de blanqueamiento y suavizado de fibras naturales

(Carrión Fité & Serra Gasol, 1997; Gacén, 1969), así como la necesidad de evaluar su comportamiento al ser incorporados en la base de jabón líquido. Con el propósito de comparar el efecto de estos aditivos y sus combinaciones, se plantearon cuatro formulaciones experimentales que incluyeron diferentes agentes blanqueantes y suavizantes. Las formulaciones evaluadas se presentan en la Tabla 1.

**Tabla 1.**

*Formulaciones con aditivos blanqueantes y suavizantes.*

| <b>Formulación</b> | <b>Blanqueante</b>    | <b>Suavizante</b> |
|--------------------|-----------------------|-------------------|
| Formulación 1      | Percarbonato de sodio | Glicerina         |
| Formulación 2      | Peróxido de hidrógeno | Polyquaternium 7  |
| Formulación 3      | Peróxido de hidrógeno | Sábila            |
| Formulación 4      | Peróxido de hidrógeno | Glicerina         |

*Nota.* Las formulaciones corresponden a la adición de los agentes blanqueantes y suavizantes a la base de jabón líquido.

Las fibras de fique se sometieron a un tratamiento por inmersión en soluciones acuosas de jabón líquido a temperatura ambiente, empleando distintos tiempos de inmersión (6, 8 y 24 h). Durante el tratamiento se evaluaron diferentes concentraciones de los agentes blanqueantes (1 %, 5% y 10 % p/p) y suavizantes (5 % y 10% p/p). Estas concentraciones se calcularon con base en la masa total de jabón líquido preparado para cada formulación. Para ello, el jabón líquido fue previamente pesado y a partir de dicha masa, se determinó la cantidad requerida de cada agente blanqueante y suavizante, de acuerdo con las concentraciones establecidas para su evaluación. El desempeño de los agentes se midió con un equipo PCE-WS, diseñado para medir índices de blanqueamiento en un rango de 0 a 100%. Por otro lado, la eficiencia de los suavizantes se determinó a través de análisis sensorial. Con base a los resultados presentados en el apartado de

análisis; el peróxido de hidrogeno y la glicerina evidenciaron el mejor desempeño, por lo cual fueron seleccionados para el desarrollo de las formulaciones de jabón.

### **3.5. Formulación del jabón con propiedades suavizantes y blanqueantes**

#### **3.5.1. Preparación del jugo de fique para la formulación**

El jugo de fique, debido a su alto contenido de materia orgánica, presentó una rápida fermentación, lo que limitó su tiempo de conservación y uso. Para su aplicación en la formulación del jabón, el jugo se extrajo y se dejó reposar durante tres días, permitiendo que los sólidos suspendidos sedimentaran de forma natural. Transcurrido este tiempo, se filtró cuidadosamente con una tela de organza, retirando así dichos sólidos.

Con el propósito de determinar la estabilidad del jugo de *F. macrophylla* y *F. gigantea* frente a la fermentación, se prepararon dos muestras, una con adición de conservante (benzoato de sodio al 0.03 % p/p) y otra sin conservante, almacenadas a temperatura ambiente y con seguimiento de pH durante cinco días. Los datos obtenidos fueron analizados mediante un análisis de varianza ANOVA de dos vías, considerando como factores el tratamiento y el tiempo de almacenamiento, con un nivel de significancia de  $p < 0.05$ , criterio según el cual valores mayores o iguales a este indican la ausencia de diferencias estadísticamente significativas, mientras que valores inferiores evidencian diferencias significativas entre los factores evaluados (Reverter,2020).

El jugo fue filtrado y utilizado en un período no mayor a cinco días posteriores a su extracción para minimizar cambios de pH asociadas a su fermentación natural y asegurar la estabilidad del proceso. Este jugo se empleó en la preparación de la solución alcalina (lejía potásica) y en la etapa de dilución del jabón, aprovechando su contenido de saponinas naturales.

Para la preparación de 155 g de jabón, se utilizaron 6.6 g de jugo de fique en la preparación de la lejía potásica y 96 g en la etapa de dilución.

### **3.5.2. Recolección y filtración del aceite reciclado**

El aceite de palma fue recolectado en un entorno doméstico tras haber sido sometido a tres, cuatro y cinco ciclos de reutilización. Posteriormente, se almacenó en frascos de vidrio a temperatura ambiente, en un lugar fresco y oscuro con el fin de minimizar procesos de oxidación y prolongar su estabilidad previa a su uso, de acuerdo con lo reportado en la literatura (Ecoembes,2025). Previo a su incorporación en la formulación del jabón, el aceite fue sometido a un tratamiento de filtración en dos etapas. Inicialmente se realizó una filtración mediante un cedazo fino para la remoción de sólidos de mayor tamaño. Posteriormente, se realizó una segunda filtración utilizando papel filtro N°4, con el fin de eliminar partículas suspendidas y obtener un aceite apto para las etapas siguientes del proceso.

### **3.5.3. Caracterización fisicoquímica del aceite**

Con el fin de evaluar el aceite de palma usado, el cual puede presentar variaciones en sus propiedades tras múltiples ciclos de reutilización, se realizó su caracterización fisicoquímica antes de emplearlo en la producción del jabón líquido. En primer lugar, se determinó el índice de saponificación, definido como la cantidad de Hidróxido de potasio (KOH) necesario para saponificar un gramo de aceite (Lotti G & Galoppini, 1986). Este análisis se llevó a cabo siguiendo la norma ICONTEC 335, la cual permite establecer con precisión el contenido de ácidos grasos presentes en la muestra. Este proceso experimental, se determinó de manera independiente para tres muestras de aceite sometidas a diferentes ciclos de reutilización, y el valor promedio se utilizó como referencia para el desarrollo de las formulaciones de jabón.

#### **3.5.4. Preparación de la solución alcalina**

Para cada ensayo experimental se preparó una solución alcalina empleando jugo de fique como medio disolvente. La cantidad de KOH a emplear se determinó según el índice de saponificación promedio del aceite reciclado, con el propósito de estandarizar el procedimiento. Adicionalmente, se consideró el porcentaje de pureza del KOH (90%), realizando el ajuste correspondiente para garantizar la relación adecuada para la saponificación.

#### **3.5.5. Proceso de saponificación**

La reacción de saponificación se llevó a cabo siguiendo el procedimiento descrito por Almendárez (2003), empleando el método en caliente. En este proceso, el aceite de palma usado constituyó la base lipídica de la formulación y el KOH actuó como agente saponificante. El método en caliente consistió en el calentamiento en baño maría de la mezcla de aceite y solución alcalina, con el fin de incrementar la velocidad de reacción y favorecer una conversión completa (Bailey, 1984). Con base en el valor promedio del índice de saponificación del aceite reciclado (190.43 mg KOH/g), previamente determinado, se preparó la lejía potásica empleando jugo de fique al 33% como medio disolvente para el KOH. Ambos componentes se midieron en proporción peso a peso (p/p) y se mezclaron manualmente hasta obtener una solución alcalina homogénea. Posteriormente, la lejía potásica se incorporó de manera gradual al aceite previamente filtrado. El proceso se desarrolló a una temperatura controlada entre 70°C y 90°C (Burgos, 2022), con agitación constante durante 2 horas, variando la velocidad de 40 rpm, luego 80 rpm y finalmente 1300 rpm, hasta completar el tiempo establecido, favoreciendo la formación de una pasta homogénea. La finalización de la reacción se verificó mediante el uso de fenolftaleína como indicador de KOH libre. Para ello, se aplicaron unas gotas del indicador sobre la pasta obtenida y se evaluó la

presencia o ausencia de coloración. Una vez alcanzado este criterio, la pasta resultante se dejó reposar a temperatura ambiente durante 24 horas, con el fin de permitir la completa saponificación antes de proceder con la etapa de dilución.

### **3.5.6. Dilución de la pasta con jugo de fique**

Una vez obtenida la masa, se llevó a cabo la etapa de dilución en baño maría, empleando jugo de fique como base líquida en una relación 1:4 p/p (masa: jugo). El jugo utilizado correspondió a jugo natural previamente filtrado, utilizado a los tres días de su extracción y sin tratamiento de estabilización, de acuerdo con el procedimiento descrito anteriormente. La dilución se mantuvo en agitación magnética continua a 1000 rpm durante 60 minutos para asegurar una dispersión homogénea y la obtención de un jabón líquido uniforme. Finalmente, el pH del producto se ajustó mediante la adición de una solución de metasilicato de sodio (1:5 p/p), hasta alcanzar valores entre 11 y 12, rango necesario para garantizar la estabilidad del sistema y la acción limpiadora del jabón (Gacén 1969; Dipshika *et al.*, 2017).

### **3.5.7. Incorporación de aditivos**

Una vez obtenida la base de jabón líquido, la formulación se optimizó mediante la incorporación de los aditivos seleccionados. En primer lugar, se adicionaron 32.8 g de solución de metasilicato de sodio de 1:5 p/p, preparada a partir de la disolución de 10g del compuesto en 50g de agua destilada, con el fin de ajustar el pH a un rango entre 11 a 12, condición necesaria para favorecer la acción del peróxido de hidrogeno como agente blanqueante, ya que este presenta menor estabilidad en medios alcalinos, cuanto más alto es el pH, mayor es la liberación de oxígeno y, por tanto, más rápida su acción limpiadora (Gacén, 1969). No obstante, la presencia de metasilicato de sodio ejerce un efecto estabilizante sobre la mezcla (Pérez Espinosa, 2015),

contribuyendo a mantener la eficiencia del sistema. Posteriormente, se incorporaron 7.1 g de glicerina, correspondientes a una concentración del 5% (p/p) y finalmente, se adicionó 2.9 g de peróxido de hidrógeno al 50% hasta alcanzar una concentración del 1% (p/p) en la mezcla, garantizando que esta sea su proporción total dentro del producto terminado. Durante la incorporación del peróxido de hidrógeno se mantuvo una agitación lenta y uniforme, con el fin de evitar la formación excesiva de espuma y el almacenamiento de aire, factores que comprometen la estabilidad del jabón. Una vez completada la adición de los aditivos, el jabón líquido se dejó reposar durante 24 horas a temperatura ambiente, favoreciendo la estabilización del producto antes de su aplicación sobre las fibras de fique.

### **3.6. Caracterización fisicoquímica del jabón**

#### **3.6.1. Determinación de pH**

El pH del jabón líquido se determinó empleando un pH metro Hanna, previamente calibrado con soluciones buffer de pH 4.7 y 10 a temperatura ambiente.

#### **3.6.2. Determinación de la viscosidad**

La viscosidad del jabón se determinó empleando un viscosímetro Thermo Scientific HAAKE Viscotester iQ, configurado con una geometría Cilíndrica y una de placas paralelas. Las mediciones se realizaron a una temperatura controlada de 25 °C, aplicando gradientes de velocidad de 250 s<sup>-1</sup> y 400 s<sup>-1</sup> (Meyer, 2022).

#### **3.6.3. Formación y estabilidad de espuma**

La capacidad de formación de espuma y su estabilidad se evaluaron mediante un método adaptado de la norma NTC 545, el cual consiste en medir el volumen de espuma generado tras la

agitación de una solución. Para el procedimiento, se midió 1 mL de jabón líquido, el cual se disolvió en 50 mL de agua destilada caliente (50°C). Luego, el volumen se ajustó a 100 mL utilizando agua destilada fría. La solución se agitó con ayuda de un agitador magnético a 50 rpm durante 3 minutos y, tras un minuto de reposo, se registró la altura inicial de la espuma. Luego, la medición se repite a los 10, 20 y 30 minutos para evaluar la estabilidad de la espuma durante el tiempo (Figura 5).

### Figura 5.

*Procedimiento para la formación y estabilidad de espuma.*



La formación y estabilidad de espuma se determinó mediante la ecuación (Ec.1) propuesta por Montiel (2017).

$$V = V_1 - V_2 \quad (\text{Ec.1})$$

Donde  $V$ , es el volumen de la espuma en mL,  $V_1$  es el volumen total de agua más la formación de espuma y  $V_2$  es el volumen de agua en la interfase.

#### 3.6.4. Estabilidad del Jabón

La estabilidad del producto final se evaluó durante un período de 3 semanas bajo condiciones de almacenamiento a temperatura ambiente. En el transcurso de este tiempo, se realizó un seguimiento para detectar cambios en las características iniciales del jabón.

### **3.7. Evaluación del desempeño en fibras de fique**

Las fibras de fique con una longitud de aproximadamente 7 cm, fueron sometidas a un proceso de inmersión manteniendo una relación 1:2, correspondiente a 10g de jabón disueltos en 20g de agua. Este procedimiento se realizó durante periodos de 6,8 y 24 horas. Transcurrido cada tiempo, las fibras fueron retiradas, lavadas con agua para eliminar los residuos de la solución y secadas al aire a temperatura ambiente. Una vez secas, se realizaron las evaluaciones de desempeño correspondientes.

#### **3.7.1. Evaluación de blanqueamiento**

Para evaluar el grado de blanqueamiento en las fibras de fique, se siguió el protocolo descrito por Muñoz y Yáñez (2024). Las fibras previamente tratadas fueron cortadas minuciosamente para luego ser sometidas a prensado mediante una prensa hidráulica manual (Specac Ltd, 2018). Este proceso se realizó con 2 toneladas de fuerza durante 2 minutos, para obtener pastillas de 1.3 cm de diámetro y 0.5 cm de espesor. Finalmente, a cada pastilla se le evaluó el porcentaje de blanqueamiento utilizando un equipo medidor de blancura PCE-WSB (Instrumentación, 2026), previamente calibrado, el cual opera bajo los lineamientos de las normas ISO 2470-2688 y registra valores en un rango de 0% (negro) a 100% (blanco).

#### **3.7.2. Evaluación de suavidad**

La propiedad suavizante del jabón sobre las fibras de fique se evaluó mediante un análisis sensorial al tacto, adaptado a los lineamientos generales de la norma ISO 6658:2017 (Análisis sensorial – Metodología general). Para la valoración se utilizó una escala estructurada de 1 a 5, en la cual, seis estudiantes de la Universidad Industrial de Santander calificaron la suavidad percibida

de las fibras tratadas en comparación a una muestra 0 (sin tratamiento). Cada número de la escala correspondió a un nivel definido de suavidad (Tabla 2).

**Tabla 2.**

*Escala estructurada de suavidad.*

| Calificación | Descripción de la suavidad |
|--------------|----------------------------|
| 1            | Muy áspera                 |
| 2            | Áspera                     |
| 3            | Moderadamente suave        |
| 4            | Suave                      |
| 5            | Muy suave                  |

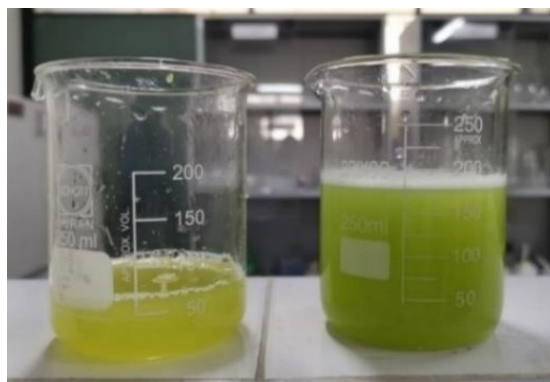
## 4. Resultados

### 4.1. Caracterización fisicoquímica

El jugo de fique obtenido por molienda de las pencas de *F. macrophylla* presentó una coloración verde oscuro, un olor característico fuerte y una mayor formación de espuma, mientras que *F. gigantea* presentó una tonalidad más clara (Figura 6).

**Figura 6.**

*Diferencia de coloración del jugo de fique.*



*Nota.* Izquierda: *F. macrophylla*. Derecha: *F. gigantea*

Se identificó que las características físicas y la composición química de estos jugos suelen variar según la especie y las condiciones de cultivo, tal como lo reportaron Vera *et al.*, (2010). En la Tabla 3 se presentan los valores promedios de la caracterización fisicoquímica para ambas especies evaluadas, obtenidos a partir de tres repeticiones experimentales independientes. Los resultados individuales de cada repetición, junto con su desviación estándar, se muestran en el Apéndice F.

**Tabla 3.**

*Caracterización fisicoquímica del jugo de F. macrophylla y F. gigantea.*

| <b>Caracterización</b> | <b>Unidad</b> | <b><i>F. macrophylla</i></b> | <b><i>F. gigantea</i></b> |
|------------------------|---------------|------------------------------|---------------------------|
| Densidad relativa      | g/ml          | 1.022                        | 1.027                     |
| pH                     | -             | 4.98                         | 4.95                      |
| Turbidez               | NTU           | 1450                         | 1014                      |
| Punto de ebullición    | °C            | 96                           | 97                        |
| Sólidos totales        | %             | 3.01                         | 5.34                      |

El jugo de fique de ambas especies presentó un pH ácido, con valores de 4.98 para *F. macrophylla* y 4.95 para *F. gigantea*. Este comportamiento coincide con lo reportado por Coral y Guevara (2012), quienes señalaron que *F. gigantea* suele presentar un pH ligeramente superior. En cuanto a la densidad relativa, *F. gigantea* registró un valor de 1.027 g/ml, consistente con lo descrito por Rojas (2008), quienes indican que unas horas después de la extracción la densidad del jugo de fique suele situarse alrededor de dicho valor. Por su parte *F. macrophylla* presentó una densidad ligeramente inferior, de 1.022 g/ml. En lo referente a las propiedades térmicas, bajo condiciones de presión atmosférica (101.491 Pa), se determinó que *F. macrophylla* presentó un punto de ebullición de 96 °C, mientras que *F. gigantea* alcanzó un valor de 97 °C. Aunque Coral y Guevara (2012) reportaron 92 °C para ambas especies a una presión inferior de 75.350 Pa, estos

resultados confirman que el aumento de la presión incrementa la temperatura de ebullición (Forero *et al.*, 2015). La diferencia observada es consistente con una propiedad coligativa, ya que el punto de ebullición depende de sólidos no volátiles (Montes, 2006). En este sentido *F. gigantea* presentó un mayor contenido de sólidos totales (5.34%) frente a *F. macrophylla* (3.01%).

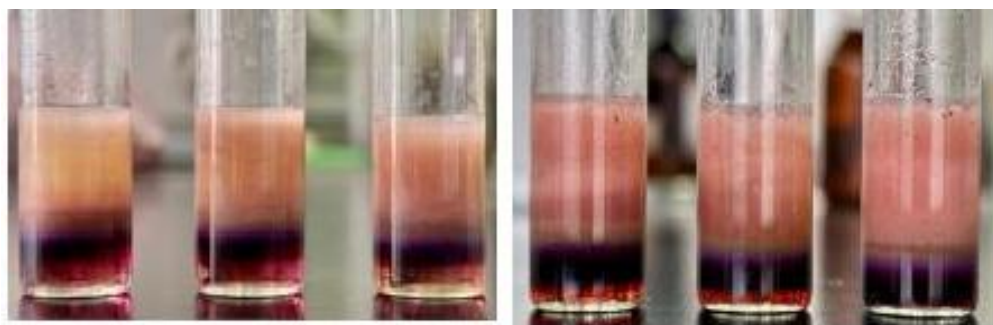
La turbidez presentó diferencias entre las especies, registrándose 1.450 NTU para *F. macrophylla*, valor superior al de *F. gigantea* que alcanzó 1.014 NTU. Esta diferencia sugiere una mayor concentración de compuestos orgánicos y partículas suspendidas como lo indica Fuentes *et al.* (2015).

#### 4.2. Caracterización fitoquímica

La caracterización fitoquímica del jugo de *Furcraea macrophylla* y *Furcraea gigantea* confirmó la presencia de saponinas, uno de los principales grupos de metabolitos secundarios en estas especies. La presencia de estos compuestos se verificó mediante una prueba cualitativa que evidenció la formación de un anillo violeta característico en la interfase de ambas muestras (Figura 7). Estos hallazgos concuerdan con lo señalado por Rojas (2008), donde también se registró una reacción positiva para este grupo de compuestos.

#### Figura 7.

*Prueba de Molish en el jugo de fique de las especies F. Macrophylla y F. Gigantea.*



La presencia de saponinas es relevante para el desarrollo del producto, ya que estos compuestos se conocen como surfactantes y agentes espumantes de origen biológico. Según Rai *et al.*, (2023), su uso como agente de limpieza es de gran interés debido a su carácter, biodegradable, renovable y compatible con los principios de sostenibilidad ecológica.

#### 4.3. Preparación del jugo de fique para la formulación

Para la formulación del jabón fue necesario realizar un seguimiento del proceso de fermentación del jugo de fique mediante el monitoreo de la variación del pH durante cinco días. Este seguimiento permitió evidenciar una disminución progresiva del pH, asociada al inicio de la fermentación natural del jugo. Dicha variación se acompañó de cambios en las características organolépticas, tales como el color y el olor, atribuibles a la acción de la flora microbiana presente en el jugo de cada muestra (Benavides *et al.*,2011).

**Tabla 4.**

*Seguimiento de pH para ambas especies.*

| Tratamiento                                 | Especie               | Tiempo [h] |      |      |      |      |      |
|---|-----------------------|------------|------|------|------|------|------|
|   |                       | 0          | 24   | 48   | 72   | 96   | 120  |
| Jugo sin tratamiento                        | <i>F. macrophylla</i> | 4.92       | 4.5  | 3.91 | 3.86 | 3.8  | 3.74 |
|   | <i>F. gigantea</i>    | 4.44       | 4.43 | 4.14 | 4.1  | 4    | 3.9  |
| Jugo con conservante<br>(Benzoato de sodio) | <i>F. macrophylla</i> | 4.92       | 4.47 | 3.97 | 3.8  | 3.78 | 3.76 |
|   | <i>F. gigantea</i>    | 4.44       | 4.44 | 4.12 | 4.07 | 4    | 3.93 |

El análisis estadístico mostró que el tiempo de almacenamiento tuvo un efecto estadísticamente significativo sobre el pH del jugo ( $p < 0.05$ ), evidenciando un proceso de fermentación progresivo durante el periodo evaluado. Por el contrario, no se observaron diferencias significativas asociadas al tratamiento con benzoato de sodio, lo que demuestra que la

adición del conservante al 0.03% p/p no influyó de manera significativa en la estabilidad del pH (ver Apéndice G).

En el caso de *F. gigantea*, el pH presentó variaciones entre 4.44 a 3.90, tanto en presencia como en ausencia de conservante, mostrando un comportamiento similar en ambos casos. En contraste, *F. macrophylla* presentó una disminución más pronunciada del pH, pasando de 4.92 a valores cercanos de 3.74, incluso en las muestras con conservante, lo que indicó una mayor susceptibilidad a la fermentación. En este contexto, la adición del conservante no tuvo un efecto en la prevención de la fermentación del jugo durante el periodo evaluado, lo cual no representa una limitación para su aplicación en la formulación del jabón. Como alternativa para mejorar la estabilidad del jugo previo a su uso, se propone la evaluación de otros conservantes o estrategias complementarias de conservación.

#### **4.4. Formulación del jabón líquido**

A partir de la evaluación experimental de las formulaciones propuestas, se analizaron los resultados obtenidos en términos de blanqueamiento, suavidad y estabilidad del producto final. Esta evaluación comparativa permitió identificar el comportamiento de cada formulación desarrollada a partir de las combinaciones de agentes blanqueantes y suavizantes previamente definidas en la etapa metodológica (Tabla 1). La selección de la formulación final se basó en la ausencia de reacciones indeseadas, tales como efervescencia y separación de fases (ver Apéndice D) y el mejor desempeño en los ensayos de blanqueamiento y suavidad de las fibras. En este sentido, el uso del percarbonato de sodio no permitió alcanzar porcentajes de blanqueamiento superiores al 78%, como se detalla en el Apéndice E. Por otro lado, al emplearse sábila y polyquartermium-7 como agentes suavizantes, no se evidenció una mejora en la textura de la fibra.

Bajo estos criterios, se seleccionó la cuarta formulación para su aplicación sobre las fibras de fique. Las proporciones finales de los componentes empleados para la preparación de 155g de jabón líquido, se presentan en la Tabla 5.

**Tabla 5.**

*Formulación para 155g del jabón líquido.*

| <b>Componente</b>              | <b>Cantidad</b> | <b>Unidad</b> |
|--------------------------------|-----------------|---------------|
| Aceite de palma usado          | 20              | g             |
| Hidróxido de potasio           | 4.2             | g             |
| Jugo de fique para lejía       | 6.6             | g             |
| Jugo de fique para dilución    | 99              | g             |
| Metasilicato de sodio          | 33.9            | g             |
| Glicerina 5% (p/p)             | 7.3             | g             |
| Peróxido de hidrógeno 1% (p/p) | 3.1             | g             |

*Nota.* Se incorpora el peróxido de hidrógeno al 50% hasta alcanzar una concentración del 1% (p/p) en la mezcla, garantizando que esta sea su proporción total dentro del producto terminado.

Los resultados evidenciaron que el uso de peróxido de hidrógeno como agente blanqueante y glicerina como agente suavizante, permitió obtener el mejor comportamiento, sin evidenciar efervescencia ni separación de fases en el producto final. Adicionalmente, el empleo del jugo de fique tanto en la preparación de la solución alcalina como en la etapa de dilución contribuyó a una adecuada capacidad espumante del jabón líquido obtenido.

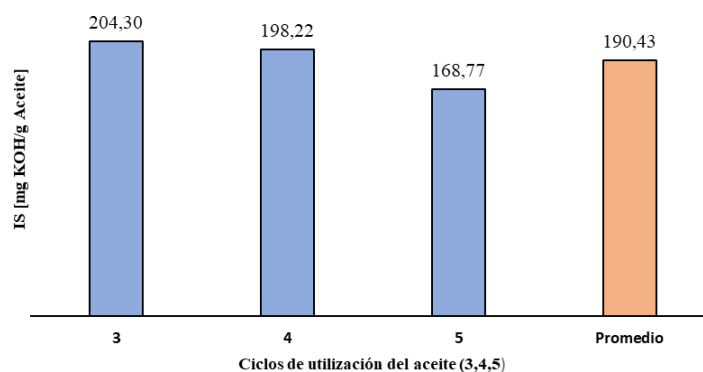
#### **4.4.1. Determinación del índice de saponificación del aceite reciclado**

Los valores obtenidos para el índice de saponificación del aceite de palma reciclado corresponden a muestras sometidas a distintos ciclos de reutilización (tres, cuatro y cinco ciclos), como se presenta en la Figura 8. Se observó una disminución progresiva del índice conforme

aumentó el número de reutilizaciones, lo cual se atribuye a la degradación parcial de los ácidos grasos durante los procesos de calentamiento (Artica *et al.*, 2023).

### Figura 8.

*Índice de saponificación del aceite de palma para sus diferentes ciclos de utilización.*



Se registraron valores del índice de saponificación de 204.30 mg KOH/g, 198.22 mg KOH/g y 168.77 mg KOH/g, respectivamente. A partir de estos resultados se calculó un valor promedio de 190.43 mg KOH/g, el cual se encuentra cerca del rango reportado por Charry Parra (2005) para el aceite de palma (195–205 mg KOH/g). El cálculo del índice de saponificación se realizó con el fin de establecer la cantidad adecuada de KOH requerida para la reacción de saponificación, así como evaluar la posibilidad de trabajar con un valor promedio de referencia que facilitará la dosificación del álcali al momento de llevar a cabo la saponificación. Aunque los resultados evidencian una degradación causada por los procesos térmicos repetitivos, el aceite reciclado conserva una capacidad de saponificación similar a la del aceite sin utilizar, y permite su dosificación para la elaboración de jabón. Debido a estos resultados, el uso del índice de saponificación en rangos reportados por la literatura, permite que productores rurales puedan estimar de manera sencilla la cantidad de KOH a utilizar según el tipo de aceite disponible sin necesidad de realizar análisis fisicoquímicos. También se observó que valores inferiores al rango reportado por Charry Parra (2005), podrían indicar una mayor degradación de los ácidos grasos y

realizar ajustes en la dosificación de KOH. Sin embargo, los valores obtenidos permitieron calcular de manera adecuada la cantidad de KOH requerida para la formulación.

#### 4.4.2. Obtención de la pasta base del jabón

La reacción de saponificación permitió la obtención de una pasta base de jabón homogénea y sin evidencia de separación de fases. A lo largo del proceso se observó la transformación progresiva de la mezcla inicial hacia la formación de una masa uniforme (Figura 9), asociada a la aparición de la denominada traza, entendida como el punto en el cual la mezcla comienza a espesar como consecuencia del avance de la reacción de saponificación, incrementando su viscosidad y adquiriendo una consistencia semi espesa (CAWS, 2014).

#### Figura 9.

*Formación de la pasta de jabón durante la saponificación.*



La incorporación del jugo de fique no generó inconvenientes durante la reacción, por el contrario, se observó una adecuada integración entre las fases, atribuible a la presencia de compuestos naturales con capacidad tensoactiva que favorecieron el proceso. La ausencia de KOH libre fue verificada mediante la prueba con fenolftaleína, lo que indicó una conversión completa y una pasta estable para la etapa de dilución posterior.

#### 4.4.3. Obtención del jabón líquido

Durante la etapa de dilución se obtuvo un jabón líquido con apariencia homogénea y textura viscosa estable, sin evidencia de separación de fases. El uso del jugo de fique como fase líquida permitió una adecuada dispersión de la pasta base, dando lugar a una base líquida uniforme. El producto final presentó valores de pH entre 11 y 12, rango esperado para jabones líquidos, condición que favoreció su estabilidad y permitió su posterior evaluación en las pruebas de desempeño. Adicionalmente, el jabón mostró una consistencia adecuada, evidenciada por la formación de un “hilo” continuo durante su manipulación (Figura 10), característica asociada a una viscosidad apropiada del producto.

#### Figura 10.

*Formación de hilo en el jabón líquido.*



#### 4.4.4. Adición de aditivos blanqueantes y suavizantes

La incorporación de los aditivos seleccionados no generó reacciones secundarias indeseadas ni afectó negativamente la estabilidad del jabón líquido. La formulación se mantuvo homogénea tras la adición de glicerina al 5% y peróxido de hidrógeno al 1% en la concentración final del producto,

sin evidenciar efervescencia, ni separación de fases durante el periodo de reposo de 24 horas, tal como se muestra en el Apéndice C. El peróxido de hidrógeno contribuyó al efecto blanqueador en el producto, asociado a su capacidad de liberar oxígeno activo, mientras que la glicerina contribuyó a mejorar la suavidad de las fibras de fique. Estos resultados coincidieron con las pruebas preliminares de desempeño, en las cuales esta combinación de aditivos presentó los mejores resultados en términos de blanqueamiento y suavidad.

#### 4.5. Caracterización del jabón líquido

Los jabones obtenidos a partir de *Furcraea macrophylla* y *Furcraea gigantea* fueron evaluados con el fin de determinar sus propiedades fisicoquímicas. En ambos productos se evidenciaron resultados similares, tal como se presenta en la Tabla 6, demostrando una textura uniforme, olor neutro y color blanco homogéneo. Estos resultados confirman la estabilidad física y funcional del producto, indicando una adecuada compatibilidad entre los componentes de la formulación. Así mismo, la usencia de separación de fases o variaciones en el color durante el periodo de almacenamiento respalda la homogeneidad del sistema.

**Tabla 6.**

*Propiedades de los jabones elaborados para ambas especies de jugo de fique.*

| <b>Propiedad</b>    | <b><i>Jabón con F. macrophylla</i></b> | <b><i>Jabón con F. gigantea</i></b> |
|---------------------|--|-------------------------------------|
| Color               | Blanco                                 | Blanco                              |
| Textura             | Líquido viscoso                        | Líquido viscoso                     |
| Olor                | Neutro                                 | Neutro                              |
| Formación de moho   | No                                     | No                                  |
| Separación de fases | No                                     | No                                  |

*Nota.* Los resultados presentados corresponden a tres semanas posteriores a la elaboración de los jabones.

El comportamiento del pH de los jabones líquidos se presenta en la tabla 7, donde se observa el seguimiento realizado durante tres semanas de almacenamiento. En ambos casos, los jabones mantuvieron valores dentro de un rango alcalino, con promedio de 10.83 y 10.85 para *F. Macrophylla* y 10.43 y 10.80 para *F. Gigantea*. Estos resultados concuerdan con lo reportado por García y Pabón (2021), quienes señalan que los jabones líquidos de limpieza presentan valores de pH en un intervalo entre 9 y 11, rango necesario para garantizar la acción limpiadora y la estabilidad del producto.

**Tabla 7.**

*Seguimiento a temperatura ambiente de pH para los jabones de ambas especies.*

| Jabones                                     | Especie               | Semanas |       |       |       | Promedio |
|---|-----------------------|---------|-------|-------|-------|----------|
|   |                       | 0       | 1     | 2     | 3     |          |
| Jugo sin tratamiento                        | <i>F. macrophylla</i> | 11.20   | 10.78 | 10.69 | 10.67 | 10.83    |
|   | <i>F. gigantea</i>    | 10.8    | 10.86 | 10.21 | 9.86  | 10.43    |
| Jugo con conservante<br>(Benzoato de sodio) | <i>F. macrophylla</i> | 10.9    | 10.9  | 10.86 | 10.76 | 10.85    |
|   | <i>F. gigantea</i>    | 10.92   | 10.87 | 10.83 | 10.59 | 10.80    |

Se observó una ligera diferencia entre las especies evaluadas, siendo el jabón elaborado a partir de *F. Macrophylla* el que presentó valores de pH ligeramente superiores durante el periodo de seguimiento. Esta diferencia se asoció a variaciones en la composición química del jugo de cada especie, especialmente en el contenido de saponinas, las cuales influyen en la alcalinidad del medio (Casierra – Posada y González, 2009). No obstante, en ambos casos los valores de pH se mantuvieron dentro de un rango adecuado para jabones líquidos, lo que favoreció su uso como agente de limpieza sobre las fibras de fique. Adicionalmente, el estado visual de las muestras (Figura 11), evidencia la conservación del jabón líquido durante el periodo de seguimiento, sin cambios visibles en su apariencia.

**Figura 11.**

*Muestras de los jabones líquidos correspondientes a tres semanas posteriores a su elaboración.*



En cuanto a la viscosidad (Tabla 8), se observó que el jabón elaborado con *F. macrophylla* presentó un valor de 278.3 cP, mientras que el jabón realizado con *F. gigantea* presentó una viscosidad de 457 cP. Aunque el jabón de *F. macrophylla* mostró inicialmente una viscosidad menor, al transcurrir 48h adquirió una consistencia similar al de *F. gigantea*, manteniendo en ambos casos una textura homogénea y estable durante el periodo de observación de tres semanas de almacenamiento a temperatura ambiente. Durante el seguimiento no se evidenciaron cambios significativos en la viscosidad, estabilidad, ni homogeneidad del producto. Los valores obtenidos se encuentran dentro del rango reportado para jabones líquidos (200–500 cP), según Shirley (2024), lo que garantiza una adecuada capacidad de limpieza y una textura apropiada que facilita su vertido y disolución.

**Tabla 8.**

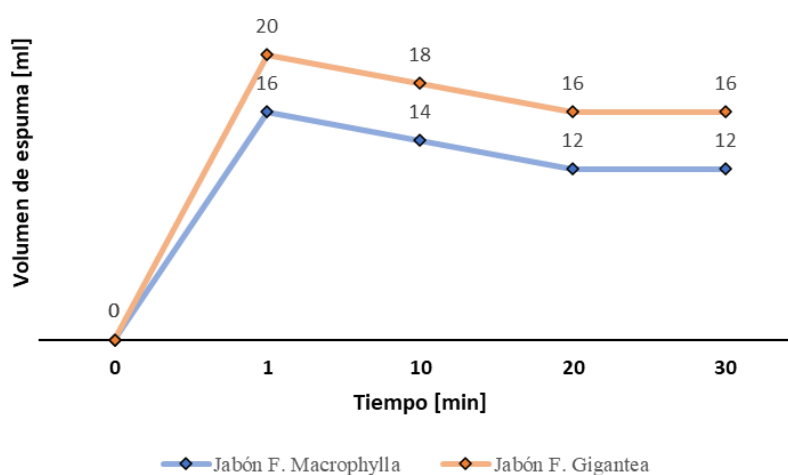
*Viscosidad de los jabones elaborados a partir de las especies de fique.*

| <b>Especie</b>       | <b>Viscosidad <math>\eta</math> (cP)</b> |
|----------------------|--|
| Jabón F. Macrophylla | 278.3                                    |
| Jabón F. Gigantea    | 457                                      |

Respecto a la formación y estabilidad de la espuma, se observó una adecuada capacidad espumante en ambos jabones (Figura 12), evidenciada por la formación inicial de burbujas y su permanencia a lo largo del ensayo. Según la norma NTC 545 (Díaz J, 2015), la espuma se define como una masa de burbujas formadas por la dispersión de gases en un líquido, lo que permite evaluar la persistencia y estabilidad del producto.

### Figura 12.

*Comportamiento del volumen de espuma a lo largo del tiempo para ambas especies.*



El jabón elaborado con *F. gigantea* presentó una mayor capacidad espumante inicialmente, alcanzando 20 mL al minuto de agitación, en comparación con los 16 mL obtenidos para *F. macrophylla*. Sin embargo, al transcurrir el tiempo, ambos jabones mantuvieron una estabilidad de espuma similar, conservando volúmenes de 12 mL y 16 mL a los 30 minutos. Estas diferencias se atribuyen a variaciones en la composición del jugo de *Furcraea*, especialmente en la naturaleza y proporción de compuestos tensoactivos, los cuales influyen en la capacidad de formación y retención de la espuma. Este comportamiento concuerda con lo reportado por Duque y González (1999), quienes señalaron que las saponinas del jugo de fique se caracterizan por su capacidad de generar espuma, reducir la tensión superficial y contribuir a la limpieza de superficies.

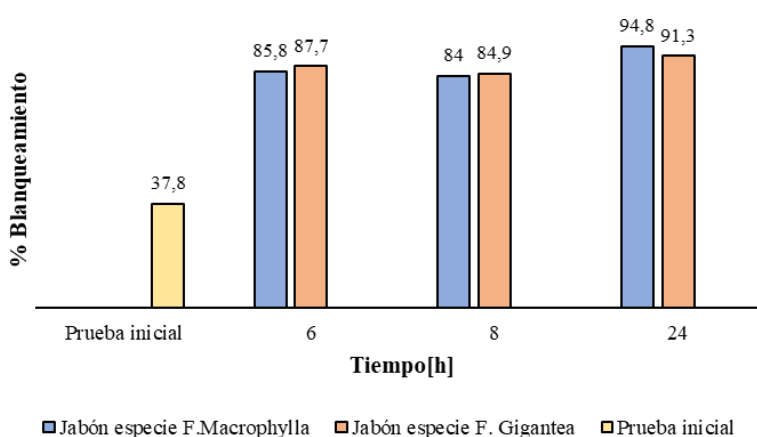
## 4.6 Evaluación de la eficiencia del jabón en fibras de fique

### 4.6.1. Evaluación de blanqueamiento

Durante las pruebas se evidenció un efecto positivo en el blanqueamiento de las fibras tratadas con los jabones elaborados a partir de ambas especies de jugo de fique, en comparación con la muestra sin tratamiento, como se muestra en la Figura 13. La fibra no tratada presentó un grado de blancura del 37.8% mientras que las fibras tratadas mostraron un incremento en este parámetro, indicando una mejora en la apariencia superficial del material.

**Figura 13.**

*Porcentaje de blanqueamiento de las fibras tratadas con los jabones.*



Los porcentajes de blanqueamiento corresponden a fibras de fique tratadas con los jabones recién elaborados, luego de un tiempo de reposo de 24 horas para garantizar la estabilidad del producto antes de su uso. El mayor porcentaje de blanqueamiento fue del 94.8%, alcanzado tras las 24 horas de inmersión con el jabón formulado a partir de *F. macrophylla*, aceite reciclado, KOH, metasilicato de sodio, glicerina y peróxido de hidrógeno. Este resultado concuerda con lo reportado por Haque, Mojumdar y Sazed (2014), quienes indicaron que el tiempo de inmersión a temperatura ambiente debe estar entre 18 a 24 horas para una efectividad óptima. Por otro lado, las fibras tratadas con la formulación antes mencionada y variando únicamente el jugo al de la

especie *F. gigantea* alcanzó un porcentaje máximo de blanqueamiento del 91.3 %, evidenciando también un efecto positivo del tratamiento. La comparación visual entre la fibra sin tratar y la fibra tratada se presenta en la Figura 14, donde se observó una mejora en la apariencia y claridad superficial del material.

**Figura 14.**

*Fibra de fique antes y después del tratamiento.*



*Nota.* La imagen inicial corresponde a la fibra en su estado original, mientras que la segunda evidencia la fibra después de haber sido sometida al tratamiento con jabón *F. Gigantea*.

En ambos casos, las especies de *Furcraea* evaluadas lograron índices de blanqueamiento superiores al 90% en las fibras tratadas, evidenciando una mejora significativa frente a la muestra sin tratamiento (37.8%). En consecuencia, se observó un incremento aproximado del 57 % en el grado de blanqueamiento de las fibras tras la aplicación de los jabones y el tiempo de inmersión evaluado. Adicionalmente, se realizó un seguimiento de tres semanas para evaluar la estabilidad del efecto blanqueante del jabón sobre las fibras de fique. Los resultados mostraron una disminución progresiva de la capacidad blanqueante a lo largo del tiempo, asociada a la degradación gradual del peróxido de hidrógeno. No obstante, ambos jabones mantuvieron porcentajes de blanqueamiento superiores al 70 % en las fibras de fique durante todo el periodo evaluado, evidenciando la persistencia del efecto blanqueante bajo condiciones de almacenamiento a temperatura ambiente.

**Tabla 9.**

*Porcentaje de blanqueamiento de las fibras de fique tratadas durante 3 semanas.*

| <b>Semana</b>   | <b>Muestra</b> | <b>Especie</b>                  | <b>Tiempo [h]</b> | <b>% Blanqueamiento</b> |
|-----------------|----------------|---------------------------------|-------------------|-------------------------|
| <b>Semana 1</b> | 1              | Jabón con <i>F. Macrophylla</i> | 6                 | 76.6                    |
|                 | 2              |                                 | 8                 | 81.5                    |
|                 | 3              |                                 | 24                | 82.2                    |
|                 | 4              | Jabón con <i>F. Gigantea</i>    | 6                 | 83.6                    |
|                 | 5              |                                 | 8                 | 82.6                    |
|                 | 6              |                                 | 24                | 85.7                    |
| <b>Semana 2</b> | 7              | Jabón con <i>F. Macrophylla</i> | 6                 | 83.8                    |
|                 | 8              |                                 | 8                 | 71.0                    |
|                 | 9              |                                 | 24                | 79.0                    |
|                 | 10             | Jabón con <i>F. Gigantea</i>    | 6                 | 69.30                   |
|                 | 11             |                                 | 8                 | 62.5                    |
|                 | 12             |                                 | 24                | 63.2                    |
| <b>Semana 3</b> | 13             | Jabón con <i>F. Macrophylla</i> | 6                 | 78.4                    |
|                 | 14             |                                 | 8                 | 74.9                    |
|                 | 15             |                                 | 24                | 76.5                    |
|                 | 16             | Jabón con <i>F. Gigantea</i>    | 6                 | 71.7                    |
|                 | 17             |                                 | 8                 | 74.4                    |
|                 | 18             |                                 | 24                | 74.7                    |
| <b>Promedio</b> |                |                                 |                   | <b>75.8</b>             |

Como se observa en la Tabla 9, el jabón elaborado a partir de *F. macrophylla* presentó valores de blanqueamiento entre 83.8% y 71.0% mientras que el formulado con *F. gigantea* alcanzó valores entre 85.7% y 62.5%. En general, el promedio de blanqueamiento obtenido durante el periodo de seguimiento fue del 75.8 %, lo que indicó que el efecto blanqueante del jabón se mantuvo con el tiempo, aunque con una disminución progresiva en su eficiencia. La reducción observada en la semana 2 se atribuye al estado inicial de las fibras de fique utilizadas, las cuales presentaban un mayor grado de suciedad y zonas oscuras en comparación con las fibras utilizadas en las semanas 1 y 3 (Figura 15).

**Figura 15.**

*Fibras empleadas para el proceso de blanqueamiento.*



*Nota.* La primera fibra corresponde a la empleada en la semana 1 y 3, mientras que la segunda fibra corresponde a la empleada en la semana 2.

Si bien, el tratamiento permitió mejorar visiblemente la apariencia de estas fibras, pero dichas condiciones iniciales limitaron la eficiencia del blanqueamiento. En contraste, en las semanas 1 y 3, el uso de fibras con mejores condiciones permitió alcanzar porcentajes de blanqueamiento superiores, evidenciando la influencia del estado inicial de las fibras naturales en la eficiencia del proceso de blanqueamiento.

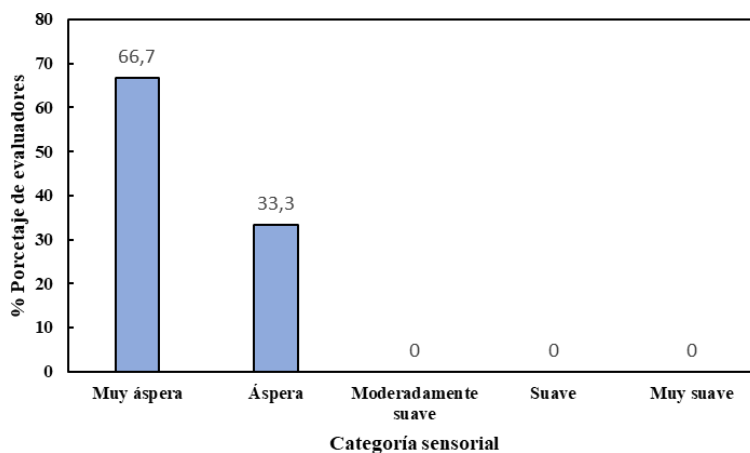
#### **4.6.2. Evaluación de suavizado**

El proceso de suavizado corresponde a un tratamiento superficial que proporciona al material una sensación al tacto más agradable, haciéndolo flexible y liso (Manfred, 2015). En este estudio, las pruebas de suavizado se realizaron mediante una evaluación sensorial al tacto, en la que participaron seis personas encargadas de calificar la textura de las fibras tratadas con los jabones elaborados a partir del jugo de *F. macrophylla* y *F. gigantea*, de acuerdo con la escala estructurada de suavidad establecida (Tabla 2). Los evaluadores correspondieron a estudiantes universitarios de la Universidad Industrial de Santander, quienes participaron en una evaluación sensorial de carácter exploratorio, con el fin de comparar de manera relativa la percepción de suavidad entre las fibras tratadas y la fibra sin tratamiento. En la Figura 16 se presenta los resultados de la evaluación sensorial de la fibra de ficus sin tratamiento, la cual fue calificada

como muy áspera en un 66.7% y áspera en un 33.3%, lo que confirma la rigidez natural de este material, tal como señala Artesanía de Colombia S.A. (2013).

**Figura 16.**

*Evaluación sensorial de la fibra de fique sin tratamiento.*



En contraste, las fibras tratadas con los jabones elaborados a partir del jugo de fique presentaron mejoras perceptibles en la suavidad al tacto, aunque conservaron parcialmente su textura natural. Estos resultados se presentaron en la Tabla 10, la cual corresponde a la evaluación sensorial realizada mediante percepción táctil directa, de acuerdo con el principio establecido en la norma ISO 11036:2020.

**Tabla 10.**

*Evaluación sensorial de las fibras de fique tratadas.*

| Jabones               | Tiempo [h] | Muy áspera | Áspera | Moderadamente suave | Suave | Muy suave | Total |
|-----------------------|------------|------------|--------|---------------------|-------|-----------|-------|
| <i>F. Macrophylla</i> | 6          | -          | 2      | 4                   | -     | -         | 6     |
|                       | 8          | 1          | 2      | 3                   | -     | -         |       |
|                       | 24         | 1          | 2      | 2                   | 1     | -         |       |
| <i>F. Gigantea</i>    | 6          | -          | -      | 2                   | 4     | -         | 6     |
|                       | 8          | 1          | -      | 5                   | -     | -         |       |
|                       | 24         | -          | 1      | 3                   | 2     | -         |       |
| <b>Porcentaje</b>     | %          | 8.3        | 19.4   | 52.7                | 19.4  | -         | 100   |

Para el jabón elaborado a partir de *F. macrophylla*, las fibras tratadas durante 6 y 8 horas fueron clasificadas mayoritariamente como *moderadamente suaves*. Al extender el tiempo de inmersión hasta 24 horas, no se evidenció una mejora progresiva en la suavidad, ya que las evaluaciones se distribuyeron entre las categorías *muy ásperas*, *áspera*, *moderadamente suave* y *suave*. Un comportamiento similar se observó en las fibras tratadas con el jabón formulado a partir de *F. gigantea*, aunque en este caso se registró una mayor proporción de evaluaciones en las categorías *moderadamente suave* y *suave*. No obstante, el nivel de suavizado alcanzado fue de carácter moderado, sin evidenciarse una transformación significativa de la textura natural del fique.

## 5. Conclusiones

El desarrollo de jabones a partir del jugo de fique demostró el aprovechamiento del subproducto generado durante la extracción de las fibras, contribuyendo a la reducción del impacto ambiental asociado a la disposición inadecuada de estos residuos. Esta alternativa evidenció el potencial del jugo de fique como materia prima funcional, gracias a su contenido de saponinas, compuestos naturales con propiedades tensoactivas y biodegradables que favorecen su aplicación en formulaciones de productos de limpieza con enfoque ambiental.

Los resultados fisicoquímicos confirmaron la viabilidad del jugo de fique como componente activo en la formulación de jabones. El jabón elaborado a partir de aceite reciclado de palma, *KOH*, jugo de fique, ( $Na_2SiO_3$ ), glicerina al 5% y peróxido de hidrógeno al 1% p/p en la concentración final del producto, presentó un comportamiento adecuado durante su preparación y aplicación, así como un pH dentro del rango óptimo (10-11), condición que favoreció su desempeño en el tratamiento de las fibras de fique.

Respecto al desempeño del jabón en el proceso de blanqueamiento de las fibras de fique, se evidenció un incremento en el porcentaje de blanqueamiento en comparación con la fibra sin tratamiento, alcanzándose valores de 94.8% para las fibras tratadas con el jabón elaborado a partir de *Furcraea Macrophylla* y del 93.1% con el jabón elaborado a partir de *Furcraea Gigantea*, frente a un valor inicial promedio de 37.8% antes del tratamiento.

En cuanto a la suavidad, el tratamiento permitió una mejora perceptible en la textura de las fibras, las cuales fueron calificadas mayoritariamente como *moderadamente suaves* en comparación con la aspereza característica de las fibras sin tratamiento. No obstante, el grado de suavidad alcanzado fue establecido con base en una evaluación sensorial, por lo que se sugiere complementar estos resultados con métodos instrumentales que permitan caracterizar con mayor precisión esta propiedad en futuras investigaciones.

Finalmente, se determinó que el nivel de blanqueamiento obtenido depende del estado inicial de las fibras, por lo cual se recomienda realizar el tratamiento inmediatamente después de la extracción para potenciar la acción limpiadora. En conjunto, los resultados confirman que el aprovechamiento del jugo de fique para la producción de jabones representa una estrategia viable, innovadora y ambientalmente responsable para la valorización de los subproductos agroindustriales del fique.

**Referencias bibliográficas**

- A. M. Vargas, A. M. Rivera, A. J. Caviedes Molano, and J. Valencia, (2022) “ELABORACIÓN DE JABÓN BIODEGRADABLE CON BASE EN SAPINDUX SAPONARIA (MICHÚ)
- Acebo González, D., & Hernández García, AT (2013). Los métodos Turbidimétricos y sus aplicaciones en las ciencias de la vida. *Revista CENIC. Ciencias Biológicas*, 44 (1).
- Almendárez Vásquez, D. L. (2003). Estudio técnico preliminar para la elaboración de un jabón líquido con miel de abejas como alternativa de diversificación apícola. Project Report. Universidad de Honduras.
- Artica Mallqui, L., Baquerizo Canchumanya, M. L., Rosales Papa, H. A., & Rodriguez Paucar, G. N. (2023). Características fisicoquímicas y composición de ácidos grasos de aceites de calabaza, zapallo y soya, durante el tratamiento térmico. *Bioteología En El Sector Agropecuario Y Agroindustrial*, 21(2), 75–86.  
<https://doi.org/10.18684/rbsaa.v21.n2.2023.2087>
- Bacca Erazo, Diana Jhazmina (2012) Estudio fitoquímico del jugo de fique de las especies negra común (*Furcraea gigantea*) y uña de águila (*Furcraea macrophylla*) de los municipios de El Tambo y Guaitarilla (Nariño). Project Report. Universidad de Nariño, Pasto.
- BAILEY, Alton E. Aceites y grasas industriales. Barcelona, España: Reverté, S.A. 1984., 746 p.
- Benavides, Olga L, Arango, Oscar, Hurtado, Andrés M, & Rojas, Myriam C. (2012). Cuantificación de Sapogeninas del Jugo Fresco y Fermentado de Fique (*Furcraea gigantea*) mediante Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC-PDA). *Información tecnológica*, 23(3), 67-76. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642012000300009>

- Betancourt Chávez, D. G., & Salazar Garces, D. K. (2017). Mejoramiento del proceso de suavizado de la fibra de cabuya para elaborar géneros textiles. *INNOVA Research Journal*, 2(8.1), 336–349. <https://doi.org/10.33890/innova.v2.n8.1.2017.388>
- Burgos, M. (2022, enero 25). Cómo hacer jabón por Hot Process. Art by Chela. <https://marcelaburgos.com/como-hacer-jabon-por-hot-process/>
- Cadena, B. (. (2006). Guía ambiental del subsector fiquero. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.12324/12855>
- Carrión Fité, F. J., & Serra Gasol, M. (1997). *Estructura y propiedades de los suavizantes textiles de organosiloxano (silicona)*. Boletín del Instituto de Investigación Textil y de Cooperación Industrial, (112), 61–66. <https://hdl.handle.net/2099/6436>
- Casierra-Posada, F., & González, D. M. (2009). Cambio circadiano de pH y acidez titulable en la savia de fique (*Furcraea castilla* y *F. macrophylla*). *Orinoquia*, 13(1), 5–13. <https://doi.org/10.22579/20112629.218>
- Castro Herazo, C. I., Betancur Velez, M., Rios Arango, J. A., Posada Quintero, L., & Jiménez G, F. J. (2024). Caracterización fisicoquímica y evaluación ambiental del jugo generado durante la extracción de la fibra de fique (*Furcraea* sp). *Revista EIA*, 21(42), 1-19. <https://doi.org/10.24050/reia.v21i42.1770>
- CAWST. (2014). Hoja informativa: Fabricación de jabón [Hoja informativa]. WASH Resources. <https://washresources.cawst.org/es/resources/eb26eeac/soap-making-fact-sheet>
- Charry Parra, G. (2005). TRANSESTERIFICACIÓN DE ACEITE DE PALMA CON METANOL POR CATÁLISIS HETEROGÉNEA USANDO CAO y FE<sub>2</sub>O<sub>3</sub> COMO CATALIZADORES. In Proyecto De Grado.

Coral, M., & Guevara, A. (2012). Determinación de las propiedades térmicas del jugo de fique *Furcraea* spp. de las variedades uña de águila y negra común, provenientes del municipio de el Tambo Nariño.

De Colombia - Sistema de Información Para la Artesanía Siart, A. (s. f.). Artesanías de Colombia. (C) 2013 Artesanías de Colombia.

[https://artesaniasdecolombia.com.co/PortalAC/GlosarioPalabra/fique\\_206#:~:text=Suavizado:%20el%20fique%20es%20una,fibras%20diez%20minutos%20en%20remojo](https://artesaniasdecolombia.com.co/PortalAC/GlosarioPalabra/fique_206#:~:text=Suavizado:%20el%20fique%20es%20una,fibras%20diez%20minutos%20en%20remojo)

Díaz Mora, Jhon Jairo Y Meneses Armero, Giovanni Alejandro (2012) Obtención y evaluación de un biofertilizante foliar a partir de jugo de fique variedad negra común (*Furcraea gigantea*), en un cultivo de acelga (*Beta vulgaris*) variedad Cicla L. en el municipio de Guaitarilla, departamento de Nariño. Project Report. Universidad de Nariño, Pasto.

Dipshika, H., Nabaneeta, G., Seiko, J., Robin, D., & Gautam, B. (2017). Exploration of future prospects of Indian pineapple leaf, an agro waste for textile application, *Journal of Cleaner Production*. Volume 141.

Domínguez, X. (1973). Métodos de investigación fitoquímica. Editorial Limusa, México.

Duque J.A. y González L.P. (1999). Propuesta tecnológica para la producción de un agente tensoactivo biodegradable a partir del jugo del fique como desecho del proceso de desfibrado. Facultad de Ingeniería Química, Universidad Pontificia Bolivariana de Medellín. Medellín, Colombia.

Ecoembes. (2025, 11 junio). ¿Dónde tirar el aceite usado? Ecoembes Reduce Reutiliza y Recicla.

<https://reducereutilizarecicla.org/donde-tirar-aceite-usado/#:~:text=El%20aceite%20usado%20se%20tira,usado%20para%20su%20correcto%20tratamiento.>

Forero, Luz & Bernal, Hugo & Chaves-Guerrero, Arlex. (2015). Efecto de las variables de evaporación: presión y flujo calórico en la calidad de la panela. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*. 16. 7. 10.21930/rcta.vol16\_num1\_art:376.

Fuentes Rivas, Rosa María, Ramos Leal, José Alfredo, Jiménez Moleón, María del Carmen, & Esparza Soto, Mario. (2015). Caracterización de la materia orgánica disuelta en agua subterránea del Valle de Toluca mediante espectrofotometría de fluorescencia 3D. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 31(3), 253-264. Recuperado en 22 de noviembre de 2025, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-49992015000300005&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992015000300005&lng=es&tlng=es).

Gacén, J. G. (1969). Aspectos químicos del blanqueo de la lana con peróxido de hidrógeno: Modificación química de la queratina. Instituto de investigación textil y cooperación industrial, 28

González, A. K. (s. f.). 14460\_ISO 11036. Scribd. <https://es.scribd.com/document/386151839/14460-ISO-11036>

Haque, A., Mojumdar, H., & Sazed Salman, K. (2014). Effects of bleaching parameters on bursting strength and whiteness of cotton knitted fabric. Bangladesh: Department of textile engineering.

Hoyos, J. I., Velasco, S. M., & Lopez, N. A. (2012). Utilización del subproducto de fique: licor verde, como controlador de plagas en el cultivo de repollo (brassica oleracea). *Biología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 10(1), 109-115.

Instituto colombiano de normas técnicas y certificación. Normas para el análisis de laboratorio:

Determinación del índice de Saponificación, NTC 335. Bogotá: ICONTEC (AOCS Oficial Method Cc 1-25)

Instrumentación, P. I. S. (2026, 9 enero). *Medidor de blancura* / *PCE Instruments*.

[https://www.pce-instruments.com/espanol/instrumento-medida/medidor/medidor-de-blancura-kat\\_162618.htm](https://www.pce-instruments.com/espanol/instrumento-medida/medidor/medidor-de-blancura-kat_162618.htm)

Jabonarium. (s. f.). Aceleración de la Traza en Jabones Caseros. Jabonarium Shop.

<https://www.jabonariumshop.com/jabon/aceleracion-de-la-traza-en-jabones-caseros>

Lotti G, & Galoppini C (1986). El Proceso De Saponificación, Determinante En La Calidad De

Los Jabones. Ashes To Life. <https://www.ashestolife.es/el-proceso-de-saponificaciondeterminante-en-la-calidad-de-los-jabones/>

LOZANO-RIVAS, William Antonio. (2012). Uso del extracto de fique (*Furcraea* sp.) como coadyuvante de coagulación en tratamiento de lixiviados. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 28(3), 219-227.

[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-49992012000300004&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992012000300004&lng=pt&tlng=pt).

Manfred, P. (2015). *Terminación Textil Química Aplicación y Tecnología*. Sao Paulo, Brasil:

CHT BEZEMA.

Marcó, L.N., Azario, R.R., Metzler, C., & García, M.D. (2004). Turbidez como indicador básico de calidad de aguas potabilizadas a partir de fuentes superficiales. Propuestas a propósito del estudio del sistema de potabilización y distribución en la ciudad de Concepción del Uruguay, Entre Ríos, Argentina.

- MARTÍNEZ A., Olga L.; ROMAN M., María O.; GUTIÉRREZ E., Ester L.; MEDINA, Gilma B.; FLÓREZ A., Oscar A. CARACTERIZACIÓN SENSORIAL DE FIBRAS DE ALGUNAS FRUTAS COMUNES EN COLOMBIA *Vitae*, vol. 10, núm. 2, 2003, pp. 9-19 Universidad de Antioquia Medellín, Colombia
- Meyer F, (2022) “Performing rheological tests in oscillation with the HAAKE Viscotester iQ Rheometer”, Thermo Fisher Scientific Application note V279.
- Montes, E. J., Torres, R., & Andrade, R. (2006). Aumento del punto de ebullición de soluciones modelos para jugo de caña de azúcar. *Temas Agrarios*, 11(2), 5-13.  
<https://doi.org/10.21897/rta.v11i2.640>
- Montiel Díaz, Wilber de los Angeles (2017) *Elaboración de jabón líquido para uso industrial a partir de glicerina, como subproducto de la obtención de biodiésel, en el laboratorio 101 del Departamento de Química de la UNAN-Managua, Agosto a Diciembre 2016*. Otra thesis, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua.
- Muñoz S, Yanez A. (2024) Estudio del efecto de soluciones acuosas de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> por inmersión para el blanqueamiento de fibras de fique y piña a escala piloto. Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingeniería química.
- Murillo-Serna, J. S., Rincón-Barón, E. J., & Alzate-Guarín, F. (2018). Anatomía foliar comparativa de tres especies de *Furcraea* (Asparagaceae: Agavoideae). *Hoehnea*, 45, 607-615.
- Pérez Espinosa, H. (2015). *Catalasa para el manejo del peróxido de hidrógeno en la industria textil*. Santiago de Cali, Colombia: Universidad ICESI.

- Rai, S., Kafle, A., Devkota, H. P., & Bhattarai, A. (2023c). Characterization of saponins from the leaves and stem bark of *Jatropha curcas* L. for surface-active properties. *Heliyon*, 9(5), e15807. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e15807>
- Reverter, F (2020). Análisis de la varianza (ANOVA). Fundació Universitat Oberta de Catalunya (FUOC). <https://openaccess.uoc.edu/server/api/core/bitstreams/bdcd9dbd-16b4-4830-a314-abde3a91a37d/content>
- Rojas Salas, Myriam Carmenza (2008) *Caracterización fisicoquímica del jugo de fique (Furcraea spp.), elaboración y evaluación de un biofungicida útil en el control agroecológico de la gota (Phytophthora Infestans) en la papa*. Informe final de Trabajo de Grado. Universidad de Nariño, Pasto.
- Shirleyxww. (2024, 31 enero). Domina la Mezcla: Desmitificando la Viscosidad del Detergente para un Rendimiento Perfecto - Sunshine. Sunshine Detergent Manufacturer. <https://vigour-group.com/es/insights/domina-la-mezcla-desmitificando-la-viscosidad-del-detergente-para-un-rendimiento-perfecto/>
- Specac Ltd (2018). Pelletizadora de laboratorio GS series para preparación de muestras XRF/hidráulica. DirectIndustry. <https://www.directindustry.es/prod/specac-ltd/product-66059-1597095.html>
- Taborda O., G., Zuluaga R., V., Palomá P, L., & Penagos González, J. P. (2011). Aplicación de métodos electroquímicos en la remoción de materia orgánica en los jugos producto del beneficio del fique: alternativa biotecnológica para mitigar la contaminación en los afluentes hídricos. *Revista Nova publicación científica En Ciencias biomédicas*, 9(16), 166-169. <https://doi.org/10.22490/24629448.1063>

Talens Oliag, P. (2020). Determinación experimental de densidad y porosidad en alimentos sólidos y líquidos. <https://riunet.upv.es/handle/10251/144736>

Torres Gómez, V.G., & Leyva Arévalo, M.E. (2016). Obtención de jabón líquido usando aceite vegetal reciclado en la universidad nacional de la Amazonía Peruana-IQUITOS.

UNE. (2025, 9 de noviembre). *Análisis sensorial: Metodología. Guía general* (No. 12).

<https://revista.une.org/12/analisis-sensorial.-metodologia.-guia-general.html>

Vera, Alexandra, Andrade, Charity, Flores, Eddyamar, Núñez, Marisel, Cárdenas, Carmen, & Morales, Ever. (2010). Remoción de nutrientes y materia orgánica en un humedal construido en función del desarrollo de la macrófita *Typha dominguensis* Pers. *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia*, 33(2), 153-163.

## Apéndice

### Apéndice A. Prueba del índice de saponificación.

En la Figura A.1 se presenta la documentación visual de la aplicación de la prueba del índice de saponificación del aceite reciclado de palma.

#### Figura A.1

*Prueba del índice de saponificación del aceite reciclado de palma.*



*Nota.* Muestra en blanco.



*Nota.* Muestra con aceite reciclado de palma.



*Nota.* Adición de fenolftaleína en la muestra (Blanco y Aceite).

### Apéndice B. Prensado y medición del porcentaje de blanqueamiento

En la Figura B.1 se presenta la documentación visual del proceso de prensado aplicado en las fibras de fique cortadas, así como el equipo e instrumentación empleados para su ejecución.

A su vez, la Figura B.2 muestra la medición del % de blanqueamiento con el medidor “medidor de blancura PCE-WSB”.

#### Figura B.1

*Prueba de prensado de las fibras de fique.*



**Figura B.2**

Medición del % de blanqueamiento.

**Apéndice C.** Jabones realizados con *F. macrophylla* y *F. gigantea*

En la Figura C.1 se presenta la documentación visual de los jabones obtenidos a partir de las dos especies de fique.

**Figura C.1**

Jabón con *F. macrophylla* y *F. gigantea*.



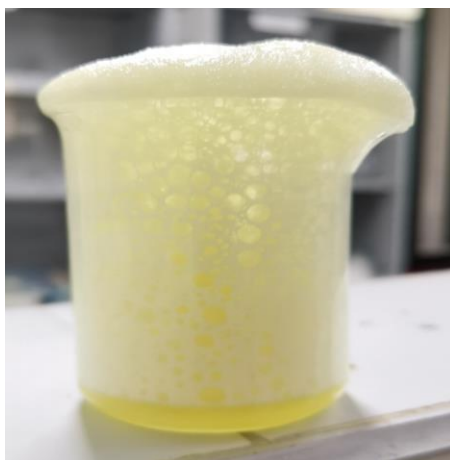
*Nota.* Jabón E1 correspondiente a *F. macrophylla* y jabón E2 correspondiente a *F. gigantea*

**Apéndice D.** Jabones con presencia de reacciones indeseadas para ambas especies.

En la Figura D.1 se presenta la documentación visual de la reacción de efervescencia de los jabones obtenidos para las dos especies de fique. A su vez, la Figura D.2 se observa la separación de fases presentada tras 24 horas de reposo.

**Figura D.1**

*Jabón con efervescencia realizado al 5 y 10% de peróxido de hidrógeno.*

**Figura D.2**

*Jabón con separación de fases realizado al 5 y 10 % de peróxido de hidrógeno y 5% de glicerina.*



**Apéndice E.** Evaluación de blanqueamiento en fibras de fique con jabón formulado a partir de percarbonato de sodio.

**Tabla E.1**

*Porcentaje de blanqueamiento de las fibras de fique tratadas con el jabón formulado a partir de percarbonato de sodio a diferentes concentraciones.*

| <b>Jabón con Percarbonato de sodio al 1%</b>  |                                 |                   |                         |
|---|---------------------------------|-------------------|-------------------------|
| <b>Muestra</b>                                | <b>Especie</b>                  | <b>Tiempo [h]</b> | <b>% Blanqueamiento</b> |
| <b>1</b>                                      |                                 | 6                 | 50.1                    |
| <b>2</b>                                      | Jabón con <i>F. Macrophylla</i> | 8                 | 62                      |
| <b>3</b>                                      |                                 | 24                | 66                      |
| <b>4</b>                                      |                                 | 6                 | 54.2                    |
| <b>5</b>                                      | Jabón con <i>F. Gigantea</i>    | 8                 | 64.4                    |
| <b>6</b>                                      |                                 | 24                | 63                      |
| <b>Jabón con Percarbonato de sodio al 5%</b>  |                                 |                   |                         |
| <b>7</b>                                      |                                 | 6                 | 53.4                    |
| <b>8</b>                                      | Jabón con <i>F. Macrophylla</i> | 8                 | 78.8                    |
| <b>9</b>                                      |                                 | 24                | 72.7                    |
| <b>10</b>                                     |                                 | 6                 | 51.2                    |
| <b>11</b>                                     | Jabón con <i>F. Gigantea</i>    | 8                 | 66.4                    |
| <b>12</b>                                     |                                 | 24                | 70.9                    |
| <b>Jabón con Percarbonato de sodio al 10%</b> |                                 |                   |                         |
| <b>13</b>                                     |                                 | 6                 | 50.1                    |
| <b>14</b>                                     | Jabón con <i>F. Macrophylla</i> | 8                 | 67.3                    |
| <b>15</b>                                     |                                 | 24                | 54.6                    |
| <b>16</b>                                     |                                 | 6                 | 62.2                    |
| <b>17</b>                                     | Jabón con <i>F. Gigantea</i>    | 8                 | 70.9                    |
| <b>18</b>                                     |                                 | 24                | 72.2                    |

**Apéndice F. Caracterización fisicoquímica**

En la Tabla F.1 se presentan los valores obtenidos para ambas especies de jugo a partir de las tres mediciones realizadas y sus desviaciones estándar.

**Tabla F.1**

*Caracterización fisicoquímica del jugo de las especies *F. macrophylla* y *F. gigantea*.*

| <b>Caracterización</b>   |                                 |                          |                              |
|--------------------------|---------------------------------|--------------------------|------------------------------|
| <b>Muestra</b>           | <b>Especie</b>                  | <b>Densidad relativa</b> | <b>% Desviación estándar</b> |
| <b>1</b>                 |                                 | 1.022                    |                              |
| <b>2</b>                 | Jabón con <i>F. Macrophylla</i> | 1.022                    | 0.056                        |
| <b>3</b>                 |                                 | 1.023                    |                              |
| <b>4</b>                 |                                 | 1.027                    |                              |
| <b>5</b>                 | Jabón con <i>F. Gigantea</i>    | 1.027                    | 0.056                        |
| <b>6</b>                 |                                 | 1.026                    |                              |
| <b>pH</b>                |                                 |                          |                              |
| <b>7</b>                 |                                 | 4.97                     |                              |
| <b>8</b>                 | Jabón con <i>F. Macrophylla</i> | 4.98                     | 0.116                        |
| <b>9</b>                 |                                 | 4.98                     |                              |
| <b>10</b>                |                                 | 4.95                     |                              |
| <b>11</b>                | Jabón con <i>F. Gigantea</i>    | 4.96                     | 0.12                         |
| <b>12</b>                |                                 | 4.95                     |                              |
| <b>Turbidez</b>          |                                 |                          |                              |
| <b>13</b>                |                                 | 1405                     |                              |
| <b>14</b>                | Jabón con <i>F. Macrophylla</i> | 1252                     | 15.5                         |
| <b>15</b>                |                                 | 1695                     |                              |
| <b>16</b>                |                                 | 972                      |                              |
| <b>17</b>                | Jabón con <i>F. Gigantea</i>    | 980                      | 6.57                         |
| <b>18</b>                |                                 | 1091                     |                              |
| <b>% Solidos Totales</b> |                                 |                          |                              |
| <b>19</b>                |                                 | 3.09                     |                              |
| <b>20</b>                | Jabón con <i>F. Macrophylla</i> | 2.96                     | 2.2                          |
| <b>21</b>                |                                 | 2.99                     |                              |
| <b>22</b>                |                                 | 6.25                     |                              |
| <b>23</b>                | Jabón con <i>F. Gigantea</i>    | 4.85                     | 14.9                         |
| <b>24</b>                |                                 | 4.90                     |                              |

**Apéndice G. ANOVA de dos vías**

En la tabla G.1 se presentan los resultados obtenidos para los factores evaluados: tratamiento (con y sin benzoato de sodio como conservante) y tiempo de almacenamiento.

**Tabla G.1.**

*Resultados obtenidos con ANOVA de dos vías.*

|                               | <b>F</b> | <b>p-valor</b>        | <b>F crítico</b> | <b>p</b>    |
|-------------------------------|----------|-----------------------|------------------|-------------|
| <b>Efecto del tiempo</b>      | 519.10   | $8.79 \times 10^{-7}$ | 5.05             | < 0.05      |
| <b>Efecto del tratamiento</b> | 0.0857   | 0.7815                | 6.61             | $\geq 0.05$ |