



**UTMACH**

**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD**

**CARRERA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA**

**EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD CICATRIZANTE DE CARBÓN  
ACTIVADO USANDO COMO BIOINDICADOR RATONES MUS  
MUSCULUS**

**MANCILLA TOBAR TAHIRI MILENA  
BIOQUIMICA FARMACEUTICA**

**MACHALA  
2024**



**UTMACH**

**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD**

**CARRERA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA**

**EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD CICATRIZANTE DE  
CARBÓN ACTIVADO USANDO COMO BIOINDICADOR  
RATONES MUS MUSCULUS**

**MANCILLA TOBAR TAHIRI MILENA  
BIOQUIMICA FARMACEUTICA**

**MACHALA  
2024**



**UTMACH**

**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD**

**CARRERA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA**

**TRABAJOS EXPERIMENTALES**

**EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD CICATRIZANTE DE  
CARBÓN ACTIVADO USANDO COMO BIOINDICADOR  
RATONES MUS MUSCULUS**

**MANCILLA TOBAR TAHIRI MILENA  
BIOQUIMICA FARMACEUTICA**

**LEON CUEVA RICARDO VALENTIN**

**MACHALA  
2024**



# EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD CICATRIZANTE DE CARBÓN ACTIVADO USANDO COMO BIOINDICADOR RATONES MUS MUSCULUS



Nombre del documento: (Para compilation) TESIS FINAL.pdf  
ID del documento: 8543e90312b0926793bccb7bc6fd010f64553022  
Tamaño del documento original: 354,97 kB  
Autor: TAHIRI MILENA MANCILLA TOBAR

Depositante: RICARDO VALENTIN LEON CUEVA  
Fecha de depósito: 13/2/2025  
Tipo de carga: interface  
fecha de fin de análisis: 13/2/2025

Número de palabras: 10.315  
Número de caracteres: 68.964

Ubicación de las similitudes en el documento:

## Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<a href="https://es.slideshare.net/control-de-calidad-cremas">es.slideshare.net</a>   Control de calidad cremas   PDF <a href="https://es.slideshare.net/slideshow/control-de-calidad-cremas/35819493">https://es.slideshare.net/slideshow/control-de-calidad-cremas/35819493</a> 2 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (47 palabras)
2	<a href="https://vdocuments.mx/propuesta-documental-para-la-ejecucion-de-pruebas-de-final-moncada-r...">vdocuments.mx</a>   PROPUESTA DOCUMENTAL PARA LA EJECUCIÓN DE PRUEBAS DE ..... <a href="https://vdocuments.mx/propuesta-documental-para-la-ejecucion-de-pruebas-de-final-moncada-r...">https://vdocuments.mx/propuesta-documental-para-la-ejecucion-de-pruebas-de-final-moncada-r...</a> 1 fuente similar	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (26 palabras)

## CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

La que suscribe, MANCILLA TOBAR TAHIRI MILENA, en calidad de autora del siguiente trabajo escrito titulado **EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD CICATRIZANTE DE CARBÓN ACTIVADO USANDO COMO BIOINDICADOR RATONES MUS MUSCULUS**, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

La autora declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

La autora como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.



MANCILLA TOBAR TAHIRI MILENA

0750206435

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo investigativo va dedicado a Dios, fuente de sabiduría y fortaleza, por ser mi guía en cada paso de este camino académico por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente por brindarme paz y darme la capacidad de aprender y superar los desafíos con fe y determinación.

A mis padres Héctor Mancilla y Francia Tobar quienes han sido mi soporte durante este trayecto de sacrificio, por enseñarme el valor del trabajo duro, la perseverancia y la humildad, por ser mi mayor ejemplo de esfuerzo, sacrificio y amor incondicional. Gracias por enseñarme el valor de la educación, por su apoyo inquebrantable y por creer en mí aun en los momentos más difíciles.

A mis hijos, Ashley Mancilla y Eydan Mancilla por ser mi mayor inspiración y motivo para seguir adelante cada sacrificio, cada desvelo y cada esfuerzo en este camino han tenido un propósito construir un futuro mejor para ustedes.

**Tahiri Mancilla Tobar**

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero expresar mis agradecimientos principalmente a dios quien fue mi fuente de sabiduría y fortaleza, por guiarme en este camino académico y brindarme el entendimiento y sabiduría necesaria para alcanzar mi meta, quien me ha bendecido con la capacidad de aprender y tener este logro.

Con todo mi gratitud y amor agradezco a mis padres por su inquebrantable apoyo, sacrificio y amor incondicional, han sido la luz que me ha guiado a lo largo de este camino académico, su fe en mis capacidades me dado la confianza necesaria para superar cada obstáculo y alcanzar este logro tan importante.

Con profundo respeto y gratitud, deseo expresar mi más sincero agradecimiento a mis tutores BQF. Ricardo Valentín León Cueva. Msc y BQF. Jefferson Manuel Tocto León. Msc, quienes han sido faros de conocimiento y guía en este arduo pero enriquecedor camino de la elaboración de mi tesis.

**Tahiri Milena Mancilla Tobar**

## RESUMEN

El manejo de heridas ha sido un desafío constante en la medicina, con tratamientos tradicionales que influyen en el desarrollo de formas farmacéuticas con diversas presentaciones las misma que ayuden en la aceleración cicatrizante. Sin embargo, las heridas crónicas y agudas continúan representando un problema de salud pública. Este estudio tuvo como objetivo evaluar el carbón activado como alternativa terapéutica para la cicatrización, explorando sus propiedades fisicoquímicas, el cual cumple con los parámetros establecidos. De acuerdo con las pruebas físicas del carbón activado este presento un pH de 9.91 y la humedad de 10% los mismo que se encuentran dentro de los rangos establecidos por la USP 30. Se formularon tres ungüentos con diferentes concentraciones (control, 2% y 4%) y se realizaron ensayos organolépticos, de pH y extensibilidad. En las características organolépticas de las tres formulaciones desarrolladas mostraron una apariencia uniforme, con una textura suave y sin partículas visibles, además de una buena facilidad de extensibilidad sobre la piel. El ensayo del pH por triplicado en cada una de las formulaciones demostró que todas las formulaciones se mantuvieron dentro del rango aceptable (5.5 a 7.0). Siendo esto crucial para garantizar la seguridad y estabilidad de las formulaciones. Los resultados obtenidos de extensibilidad realizado en las formas farmacéuticas con diferentes concentraciones mostrando un resultado constante de 4.5 cm de radio en las tres formulaciones, indicando una extensibilidad homogénea en las diferentes concentraciones. Así mismo se realizó un estudio de pre- estabilidad a las formulaciones a base de carbón activado, en el cual se aplicaron temperaturas a los ungüentos por un tiempo de 48 horas, luego de esto se desarrollaron las características organolépticas en las cuales no se observaron cambios ni variaciones en el pH. Las formulaciones desarrolladas se aplicaron en organismos modelos ratones *Mus musculus* donde se utilizaron un total de 12 ratones (hembras) dividido en 4 grupos conformados por 3 ratones grupo 1 control, grupo 3 ungüento al 2%, grupo 3 ungüento al 4% y el grupo 4 crema comercial, donde se desarrolló un estudio de 15 días. Los resultados mostraron que al día 3 de aplicación de los ungüentos con carbón activado y la crema comercial presentaron la formación de costra mientras que en grupo control se formó la costra al 4 día. Al quinto día, la reducción de la herida fue más significativa en las formulaciones de 2% (0.7cm) y al 4% (0.5 cm) y en la crema comercial (0.4 cm), mientras que el control presentó una cicatrización más lenta (0.8 cm). Al día 12, la herida cerró completamente en el grupo tratado con 4% de carbón activado y en la crema comercial, mientras que el grupo tratado con el 2% se cerró completamente al día 13 y el grupo control alcanzó la cicatrización total hasta el día 14. Los resultados obtenidos fueron satisfactorios por el

aporte valioso para la ciencia y la medicina regenerativa ampliando el conocimiento de las propiedades del carbón activado, abriendo nuevas posibilidades en el desarrollo de tratamientos para la regeneración tisular.

**Palabras claves:** Carbón activado, R ratones *Mus musculus*, Ungüento, Actividad cicatrizante, Crema comercial.

## ABSTRACT

Wound management has been a constant challenge in medicine, with traditional treatments influencing the development of pharmaceutical forms with diverse presentations that aid in the acceleration of wound healing. However, chronic and acute wounds continue to represent a public health problem. The objective of this study was to evaluate activated charcoal as a therapeutic alternative for wound healing, exploring its physicochemical properties, which complies with the established parameters. According to the physical tests of the activated charcoal, it presented a pH of 9.91 and a humidity of 10%, which are within the ranges established by USP 30. Three ointments were formulated with different concentrations (control, 2% and 4%) and organoleptic, pH and extensibility tests were carried out. The organoleptic characteristics of the three formulations developed showed a uniform appearance, with a smooth texture and no visible particles, as well as good extensibility on the skin. The pH test in triplicate on each of the formulations showed that all formulations remained within the acceptable range (5.5 to 7.0). This is crucial to ensure the safety and stability of the formulations. The results obtained for extensibility performed in the pharmaceutical forms with different concentrations showed a constant result of 4.5 cm radius in the three formulations, indicating a homogeneous extensibility in the different concentrations. A pre-stability study was also carried out on the activated carbon-based formulations, in which temperatures were applied to the ointments for a period of 48 hours, after which the organoleptic characteristics were developed and no changes or variations in pH were observed. The formulations developed were applied in model organisms *Mus musculus* mice where a total of 12 mice (females) were used, divided into 4 groups formed by 3 mice group 1 control, group 3 2% ointment, group 3 4% ointment and group 4 commercial cream, where a 15-day study was carried out. The results showed that on day 3 of application of the ointments with activated charcoal and the commercial cream presented scab formation while in the control group the scab was formed on day 4. On the fifth day, wound reduction was more significant in the 2% (0.7 cm) and 4% (0.5 cm) formulations and in the commercial cream (0.4 cm), while the control presented slower healing (0.8 cm). At day 12, the wound closed completely in the group treated with 4% activated charcoal and in the commercial cream, while the group treated with 2% closed completely at day 13 and the control group reached total healing until day 14. The results obtained were satisfactory for the valuable contribution to science and regenerative medicine by expanding the knowledge of the properties of activated charcoal, opening new possibilities in the development of treatments for tissue regeneration.

**Keywords:** Activated charcoal, *Mus musculus* mice, Ointment, Healing activity, Commercial cream.

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	12
OBJETIVO .....	14
General .....	14
Específicos.....	14
1.1 Antecedentes .....	15
1.2. Base teórica .....	16
1.2.1 Carbón activado (CA).....	16
1.2.2 Aplicaciones a través del tiempo. ....	17
1.2.3 Proceso de obtención del extracto de carbón activado.....	18
1.2.4 Cicatrización.....	19
1.2.5 Ungüentos.....	21
1.2.5.1 Proceso de preparación del ungüento. ....	23
1.2.6 Ensayos preclínicos.....	25
2. METODOLOGÍA.....	28
2.1 Diseño de la Investigación.....	28
2.2 Enfoque de la investigación.....	28
2.3 Población de estudio .....	28
2.4 Muestra .....	28
2.5 Ubicación de estudio .....	28
2.6 Materiales y equipo .....	28
2.6.1 Materiales.....	28
2.6.2 Equipos .....	29
2.6.3 Reactivos .....	29
2.7 Métodos y técnicas.....	30
2.7.1 Ensayo de pH carbón activado. E.....	30

2.7.2	<i>Ensayo de Humedad al carbón activado. El</i>	30
2.7.3	<i>Preparación de unguento directo.</i>	30
2.8	Efecto cicatrizante sobre la piel	30
2.9	Técnica de recolección de datos	30
2.10	Documentación de datos	31
2.11	Técnicas para el procesamiento de datos	31
2.12	Herramientas para el procesamiento de datos	31
2.13	Ensayos	31
2.13.1	Ensayo de humedad carbón activado	31
2.13.2	<i>Ensayo de pH carbón activado.</i>	32
2.13.3	<i>Proceso general para la elaboración de unguento.</i>	32
2.13.4	<i>Ensayos Organolépticos.</i>	33
2.13.5	<i>Ensayo de extensibilidad.</i>	34
2.13.6	<i>Ensayo de Pre-estabilidad.</i>	34
2.13.7	<i>Ensayo en los organismos modelos.</i>	35
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
3.1	Resultados de ensayos de calidad realizados al carbón activado	36
3.1.1	<i>Ensayo de pH.</i>	36
3.1.2.	<i>Ensayos de humedad.</i>	36
3.2	Resultados de los ensayos realizados a los unguentos	37
3.2.1	<i>Ensayo Organoléptico.</i>	37
3.2.2	<i>Ensayo de pH.</i>	37
3.2.3	<i>Ensayo de extensibilidad.</i>	38
3.3	Resultados del estudio de Pre-Estabilidad de unguento	38
3.4	Resultados de la determinación del efecto cicatrizante de los unguentos	39
3.4.1	<i>Resultados Microscópicos.</i>	41

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	43
BIBLIOGRAFÍA .....	44
ANEXOS .....	53

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Estudio del pH de carbón activado .....	36
Tabla 2. Estudio de humedad de carbón activado.....	36
Tabla 3. Características organolépticas del ungüento .....	37
Tabla 4. Ensayo de pH en las formulaciones.....	38
Tabla 5. Ensayo de extensibilidad .....	38
Tabla 6. Evaluación cicatrizante en los ratones de laboratorio .....	39
Tabla 7. Evaluación cicatrizante en los ratones.....	41

## LISTA DE FIGURAS

<i>Ilustración 1 Evolución Cicatrizante.....</i>	<i>40</i>
<i>Ilustración 2 Materiales. ....</i>	<i>53</i>
<i>Ilustración 3 Pesaje del carbón activado. ....</i>	<i>53</i>
<i>Ilustración 4 Pesaje de Petrolato Blanco. ....</i>	<i>53</i>
<i>Ilustración 5 Pesado de metilparabeno.....</i>	<i>53</i>
<i>Ilustración 6 Ensayo de Extensibilidad al Ungüento. ....</i>	<i>54</i>
<i>Ilustración 7 Ungüentos.....</i>	<i>54</i>
<i>Ilustración 8 Preparación de Ungüentos.....</i>	<i>54</i>
<i>Ilustración 9 Ensayo de pH al Ungüento.....</i>	<i>54</i>
<i>Ilustración 10. Proceso de Rasurado.....</i>	<i>55</i>
<i>Ilustración 11. Elaboración de Herida.....</i>	<i>55</i>
<i>Ilustración 12. Herida en el organismo modelo.....</i>	<i>55</i>
<i>Ilustración 13. Ratón Mus musculus.....</i>	<i>55</i>
<i>Ilustración 14. Medición de Herida. ....</i>	<i>56</i>
<i>Ilustración 15. Aplicación de Ungüento.....</i>	<i>56</i>
<i>Ilustración 16. Separación de Organismos Modelos.....</i>	<i>56</i>

## LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Materiales y pesaje .....	53
Anexo 2. Elaboración de los ungüentos y muestra control .....	54
Anexo 3. Procedimiento de experimentación animal .....	55
Anexo 4. Aplicación de ungüento y progreso de la cicatrización.....	56

## INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia, el manejo de las heridas ha sido un desafío constante para la medicina. Diversos procedimientos, como la irrigación con solución fisiológica, el lavado con agua y jabón, la aplicación de antisépticos y el uso de fármacos en distintas presentaciones, así como sustancias de origen natural, han sido empleados para promover la cicatrización y prevenir infecciones (Martín, 2019). Sin embargo, millones de personas en todo el mundo siguen enfrentando heridas crónicas o agudas que requieren atención médica, representando una carga considerable para los sistemas de salud y afectando la calidad de vida de quienes las padecen (Abad et al., 2021).

La relevancia de esta problemática radica en la necesidad de tratamientos más eficaces, accesibles y seguros para acelerar la cicatrización. Los tratamientos actuales pueden ser costosos o presentar efectos secundarios, limitando su aplicación en regiones con recursos limitados. Por ello, explorar terapias innovadoras que mejoren los resultados clínicos y contribuyan a la sostenibilidad ambiental resulta prioritario (Carrero, 2024; Rodríguez-Suárez, 2021; Sodré, 2023). En este contexto, el uso de compuestos de origen natural ha despertado el creciente interés en la comunidad científica, ya que muchos de ellos presentan propiedades antimicrobianas y antiinflamatorias que podrían ser útiles en la cicatrización de heridas (Perez Aguedo et al., 2024).

Este trabajo se centra en la exploración del carbón activado como tratamiento alternativo para la cicatrización de heridas. A pesar de su uso extendido en áreas como la purificación de agua y la descontaminación, su potencial cicatrizante ha sido escasamente estudiado. Se plantea la hipótesis de que el carbón activado, por sus propiedades adsorbentes, antimicrobianas y biocompatibles, puede promover la regeneración tisular y reducir infecciones (Aboelkhair, 2023). El mecanismo de acción de carbón activado en la cicatrización se fundamenta en su capacidad para eliminar toxinas y microorganismos del área afectada, creando un ambiente más propicio para la regeneración celular. Además, al adsorber compuestos inflamatorios, podría contribuir a reducir la respuesta inflamatoria excesiva, un factor que muchas veces retrasa el proceso de curación.

La cicatrización implica eventos biológicos complejos, como migración y proliferación celular, y el depósito de matriz extracelular (Ulate, 2022). Evaluar las propiedades fisicoquímicas del carbón activado resulta clave para comprender su impacto en este proceso (Wang, 2023). Por ello, este estudio tiene como objetivo general evaluar su eficacia mediante la formulación de un ungüento y el análisis de cicatrización en ratones

*Mus musculus*. Se analizarán variables como el tiempo de cierre de la herida, la observación de la reducción de la inflamación y la regeneración del tejido, con el cual obtener datos concluyentes sobre la efectividad del semisólido en cuestión.

El desarrollo de diversas formulaciones permitirá determinar la dosis óptima para la cicatrización. Las pruebas en ratones *Mus musculus* ofrecerán datos valiosos sobre la actividad terapéutica, verificando su autenticidad respecto al grupo de control (Cabrero-Sañudo et al., 2022). De confirmarse los efectos positivos del carbón activado en la cicatrización, este hallazgo podría abrir nuevas oportunidades en el desarrollo de tratamientos asequibles y eficaces para heridas crónicas o de difícil cicatrización (Negrete et al., 2022).

Este estudio busca contribuir a la salud pública al proponer una alternativa accesible y económica para tratar heridas, beneficiando a poblaciones vulnerables y alineándose con principios de sostenibilidad ambiental. En síntesis, se plantea un problema en medicina y se propone una solución innovadora, con el potencial de transformar las prácticas clínicas actuales y abrir nuevas vías para tratamientos más eficientes y sustentables para la población. Adicionalmente, este enfoque presenta una oportunidad para reducir la dependencia de antibióticos y otros fármacos que puede generar resistencia bacteriana, un problema de salud global creciente. Con ello, la investigación en el uso de carbón activado para la cicatrización no solo puede mejorar la calidad de vida de los pacientes, sino también fomentar el desarrollo de estrategias terapéuticas más seguras y sostenibles para el futuro de la medicina (Tibaldi Bollati et al., 2023)

## OBJETIVO

### General

Evaluar la eficacia del carbón activado mediante la formulación de un ungüento utilizando técnicas de cortes simples para el análisis de la cicatrización de heridas en ratones *Mus musculus*.

### Específicos

- Evaluar propiedades físicas- químicas del carbón activado
- Desarrollar varias formulaciones de ungüento con diferentes concentraciones de carbón activado.
- Realizar pruebas in vivo para evaluar el tiempo de cicatrización de las heridas simples de las ratas tratadas con el ungüento en comparación del grupo control.

### Pregunta General

¿Cuál es la eficacia del carbón activado en la cicatrización de las heridas en ratones *Mus musculus*?

### Preguntas específicas

- ¿Cuáles son las propiedades fisicoquímicas que caracteriza al carbón activado?
- ¿Cómo afectan las diferentes concentraciones de carbón activado en las formulaciones de ungüento en sus propiedades físicas, estabilidad y eficacia en la efectividad cicatrizante de las heridas de los ratones?
- ¿Cuál es el tiempo de cicatrización de las heridas en los ratones tratados con diferentes formulaciones de ungüento de carbón activado en comparación con un grupo control?

### Hipótesis

**Hipótesis H1.** El carbón activado presenta propiedades cicatrizantes en el tratamiento de las heridas.

**Hipótesis H2.** El carbón activado no presenta propiedades cicatrizantes en el tratamiento de las heridas.

## 1. MARCO TEÓRICO

### 1.1 Antecedentes

El tratamiento de heridas representa un campo de suma importancia en la atención médica, evolucionando desde las primeras técnicas de curación utilizadas por el hombre antiguo hasta las innovaciones contemporáneas centradas en mejorar la cicatrización y reducir el riesgo de infecciones. Esta búsqueda continua de materiales y métodos eficaces para promover una cicatrización óptima sigue siendo un objetivo primordial de la investigación médica en la actualidad (Domínguez-Saavedra & Hernández-Galván, 2022).

En el caso del carbón activado se ha destacado por su capacidad de absorber compuestos contaminantes presentes en muestras, con el fin de clarificar extractos de plantas que poseen propiedades terapéuticas significativas (Martínez, 2024).

En este contexto, el carbón activado ha ganado reconocimiento como un material de gran interés debido a sus propiedades únicas. Su excepcional capacidad de adsorción lo convierte en un agente eficaz para la eliminación de toxinas, tratamiento de intoxicaciones y sobredosis, lo cual lo consolida como un pilar en la toxicología moderna y en la gestión de contaminantes en el entorno de las heridas. Por lo tanto, puede contribuir significativamente a mantener un ambiente limpio, eliminando olores desagradables y facilitando la regeneración de tejidos. Además, el carbón activado ha demostrado una destacada interacción con biomoléculas y microorganismos, sugiriendo un potencial para mejorar la respuesta inmunitaria local y reducir el riesgo de infecciones secundarias (Al Jumaan, 2023; Hoegberg et al., 2021; Zea Zegarra, 2021).

En la búsqueda de información, se encuentran diversas investigaciones que exploran la utilización del carbón activado en distintas formas de administración: oral, rectal o mediante hemoperfusión. Estos estudios se enfocan particularmente en su capacidad para mejorar y prevenir infecciones graves, como la sepsis. Se ha demostrado que el carbón activado actúa como un potente agente antiinflamatorio y antioxidante, con énfasis en la importancia de una administración rápida para optimizar su eficacia. Estos hallazgos destacan al carbón activado como un candidato prometedor para intervenir de manera efectiva en casos de sepsis (Snezhkova et al., 2023).

Del mismo modo, se encuentran registros sobre el uso del carbón activado como complemento en procedimientos para la cura de heridas, ya sea en forma de apósitos

que combinan carbón activado con plata para contrarrestar el mal olor, o como un agente utilizado independientemente para abordar esta problemática, en otros estudios también se lo utiliza de la misma forma para atrapar bacterias y toxinas en las heridas de pacientes con úlceras venosas en las piernas (García & Plaza, 2021; Hassen & Abdulkadir, 2022).

Además, se ha investigado su capacidad para reducir la concentración y niveles de nitrato en sustancias como aguas subterráneas, así como su empleo en filtraciones para la decoloración en la preparación de productos enriquecidos con polisacáridos de aloe vera decolorados (Dotto et al., 2022; Garcia-Tornadu, 2023).

Finalmente, en experimentos preclínicos realizados en ratas macho se ha observado una mejora en la arquitectura epitelial del tejido conjuntivo de la lengua. Estos antecedentes resaltan la amplia gama de aplicaciones del carbón activado, confirmando su potencial como un producto de interés para estudios relacionados con las heridas (Abdel Fattah, 2024).

## **1.2. Base teórica**

*1.2.1 Carbón activado (CA).* El carbón activado es un material carbonoso obtenido a partir de diversas materias primas orgánicas como cáscaras de coco, madera, carbón y turba, entre otras. A diferencia del carbón vegetal estándar, el carbón activado no se activa químicamente; en su lugar, se produce sometiendo el material base a altas temperaturas sin oxígeno, lo que crea una estructura porosa con una superficie interna significativamente ampliada. Este proceso altera la estructura cristalina del carbón y genera poros de tamaños variables, lo cual es crucial para su capacidad de adsorber contaminantes y compuestos químicos en líquidos y gases, esto también influye en la estabilidad del material (Okoli, 2020; Sultana et al., 2022).

Las propiedades del carbón activado dependen en gran medida de la materia prima utilizada, el proceso de carbonización y el método de activación química aplicado. Entre sus características fisicoquímicas destacadas se encuentra su porosidad, derivada de la falta de orden cristalino en las capas de grafeno que lo constituyen. Esta porosidad distintiva confiere al carbón activado una notable capacidad de adsorción, sobresaliendo sobre otros adsorbentes disponibles en el mercado. Además, presenta una amplia área superficial (generalmente entre 500 y 1500 m<sup>2</sup>/g o incluso hasta 3000-5000 m<sup>2</sup>/g en ciertos casos), un volumen significativo y un tamaño característico de poro (Hassen & Abdulkadir, 2022; Santos et al., 2021; Sultana et al., 2022).

En la literatura especializada se encuentran diversas clasificaciones sobre las formas que puede adoptar el carbón activado, tales como gránulos, polvos y pellets, las cuales varían según su forma y tamaño. En el ámbito de la investigación científica y médica, el carbón activado se utiliza comúnmente en forma de un polvo fino, negro, sin olor ni sabor, y libre de partículas arenosas, con un tamaño micrométrico. Por otro lado, los gránulos de carbón activado tienen un tamaño que oscila entre 0,2 y 5 mm. Este material se clasifica principalmente como sorbente, también conocido como adsorbente o absorbente, debido a su capacidad para retener y eliminar diversas sustancias en soluciones y entornos biológicos (Hassen & Abdulkadir, 2022; Sultana et al., 2022; United States Pharmacopeial Convention, 2007).

*1.2.2 Aplicaciones a través del tiempo.* El uso del carbón activado tiene una historia milenaria que se remonta a los antiguos egipcios en el año 3750 a.C., quienes lo emplearon para tratar problemas intestinales y eliminar olores desagradables de las heridas. Otros grupos, como los hindúes, lo utilizaron en combinación con filtros de arena para la purificación del agua. A lo largo de los siglos, desde el año 157 a.C. hasta 1963, el carbón activado ha sido utilizado con diversos propósitos, incluyendo el tratamiento del ántrax, la clorosis, la gestión de la epilepsia y la adsorción de gases, un proceso mediante el cual retiene moléculas, incluidos metales pesados, en los poros de su superficie. Más recientemente, ha sido empleado en el tratamiento de intoxicaciones alimentarias, químicas y sobredosis (Al Jumaan, 2023; Alvez et al., 2021).

Actualmente, se reconoce que el uso del carbón activado tiene aplicaciones extensas tanto dentro como fuera del ámbito médico. Este tipo de producto se ha empleado históricamente para tratar una variedad de condiciones, que incluyen infecciones cutáneas y envenenamientos por productos químicos, venenos y drogas. Apoyado en la existencia de una amplia evidencia que respalda la capacidad del carbón activado para disminuir la absorción sistémica de medicamentos en tratamientos rápidos (Ruiz et al., 2021; Skov et al., 2021).

Además, investigaciones sugieren tentativamente que el carbón activado posee propiedades antimicrobianas, lo que podría implicar la eliminación de microorganismos que podrían prolongar el proceso de cicatrización de heridas y promover su curación. Así mismo, estudios han demostrado su utilidad como apósito que atrae bacterias hacia la superficie, facilitando así la eliminación de líquidos y sustancias tóxicas que frecuentemente obstaculizan el proceso de cicatrización, por lo tanto, existe amplia evidencia que respalda al carbón activado como un ingrediente ideal para la formulación

de formas farmacéuticas con propiedades terapéuticas beneficiosas en el tratamiento de la cicatrización de heridas superficiales (Hassen & Abdulkadir, 2022; Omale, 2018).

*1.2.3 Proceso de obtención del extracto de carbón activado.* La obtención del extracto es de suma importancia debido a que constituye un paso crucial para obtener compuestos bioactivos en los productos finales. Este proceso permite preservar los componentes esenciales de la materia prima sin distorsionar ni destruir sus propiedades fundamentales. De este modo, los extractos concentrados resultantes pueden ser utilizados eficazmente en formulaciones farmacéuticas, asegurando la calidad y la efectividad de los productos elaborados (Mosić et al., 2020).

Una de las primeras decisiones cruciales en el proceso de extracción, es la elección del método debido a que existen una gran diversidad para llevar a cabo este proceso. Entre estos métodos se incluyen de forma más común: la extracción por Soxhlet, maceración, decocción, infusión, digestión (una variante de la maceración), sonicación y percolación. Cada uno de estos métodos posee características particulares que los hacen adecuados para diferentes aplicaciones y tipos de materiales (Velavan, 2015).

Para realizar cualquiera de los métodos mencionados, es crucial seleccionar cuidadosamente el solvente más adecuado, el cual depende directamente de los compuestos específicos que se desean extraer. Es imperativo escoger un solvente que no solo sea efectivo en la extracción, sino también que garantice una baja toxicidad y preservación de los componentes esenciales de la materia prima. Entre los solventes más comúnmente empleados se destacan el agua, reconocido por su versatilidad universal, así como la acetona, el cloroformo y el alcohol, cada uno con propiedades únicas que los hacen adecuados para diferentes tipos de extracciones. Esta elección cuidadosa del solvente es crucial para asegurar la pureza y la eficiencia del proceso de extracción, permitiendo la preparación de extractos concentrados que puedan ser utilizados en diversas aplicaciones farmacéuticas y científicas con la máxima efectividad (Velavan, 2015).

Con base en lo discutido anteriormente, el agua puede no ser apropiada para ciertos tipos de investigaciones científicas debido a su propensión a favorecer la proliferación de microorganismos. En contraste, entre los alcoholes más comúnmente utilizados, el etanol y el metanol destacan como solventes populares. No obstante, el metanol presenta limitaciones para estudios histológicos debido a su naturaleza citotóxica. En cambio, el etanol al 70% se caracteriza por su capacidad para penetrar de manera

efectiva la membrana celular y extraer los componentes bioactivos requeridos (Velavan, 2015).

La percolación se destaca como uno de los métodos más utilizados. En este proceso, se suele humectar previamente la muestra en un recipiente completamente cerrado durante un período de aproximado de cuatro horas. Luego, se añade más solvente a la muestra y se permite que la mezcla macere dentro de un percolador cerrado durante un día completo. Seguir este proceso facilita la extracción eficiente de compuestos bioactivos al permitir que el solvente atravesase gradualmente la muestra, maximizando el contacto con los componentes deseables y optimizando el rendimiento del proceso de extracción (Velavan, 2015).

Luego de estas etapas, se procede a dejar que el líquido gotee gradualmente, añadiendo un volumen de solvente equivalente al 75% del volumen que se desee obtener de extracto. Este paso asegura una adecuada extracción de los compuestos bioactivos presentes en la muestra (Velavan, 2015).

Para finalizar, el extracto obtenido se clarifica mediante un proceso de filtración o dejándolo reposar para que las impurezas se sedimenten, seguido por un cuidadoso proceso de decantación. Este método garantiza la obtención de un extracto limpio y concentrado, listo para su posterior análisis o aplicación en formulaciones farmacéuticas y científicas (Velavan, 2015).

*1.2.4 Cicatrización.* La piel, reconocida como el órgano más extenso del cuerpo humano, alberga una comunidad microbiológica diversa compuesta por una variedad limitada de microorganismos, incluyendo bacterias, hongos y virus, con ciertas especies más prevalentes que otras, que al igual que en otros microbiotas también desempeña funciones fundamentales. Además de actuar como una barrera física frente al entorno externo, la piel cumple un papel crucial como la primera línea de defensa del organismo contra agentes ambientales adversos, tales como sustancias tóxicas, radiación solar y patógenos microbianos (Dildar et al., 2021; Harris-Tryon & Grice, 2022).

Si bien este órgano es importante es común que, a lo largo de la vida el ser humano se enfrente a diversos eventos que pueden resultar en cortes, heridas o lesiones en la piel. Estas lesiones se pueden categorizar como agudas o crónicas. Las heridas agudas son aquellas que generalmente sanan sin dificultades en un período de semanas, siempre y cuando reciban el tratamiento adecuado. Sin embargo, si no se manejan de manera adecuada desde el principio, existe el riesgo de que evolucionen hacia lesiones crónicas que no cicatrizan completamente. Estas lesiones crónicas pueden causar molestias

persistentes, dolor y pueden ser difíciles de manejar para los pacientes, afectando significativamente su calidad de vida y requiriendo cuidados continuos y especializados (Tiwari & Pathak, 2023).

Cabe destacar que el manejo de estas lesiones conlleva habitualmente cuidados detallados en su manipulación, además de la aplicación localizada de medicamentos con principios activos diseñados para proporcionar efectos terapéuticos específicos que jueguen un papel crucial en la mejora del tejido dañado (Kang et al., 2021).

Sin embargo, el cuerpo humano posee mecanismos especializados para responder a situaciones de salud como las heridas, un proceso ampliamente conocido como cicatrización. Este proceso es altamente complejo e implica la activación de la cascada de coagulación, vías inflamatorias y diversos componentes celulares del sistema inmunitario. La cicatrización se considera desde el momento inicial del evento traumático que ocasiona una lesión en una de las barreras protectoras del sistema inmunológico innato (piel o mucosas), que después va a derivar hasta la respuesta más sofisticada orquestada por el sistema inmunitario adaptativo, la cicatrización constituye un proceso integral y meticulosamente coordinado en el cuerpo humano (Tiwari & Pathak, 2023).

Si definimos como se da el proceso de cicatrización, la primera etapa inicia con la detección y la respuesta inmediata a un evento traumático que afecta la integridad de la piel u otros tejidos, este proceso involucra fases superpuestas donde las citocinas y los factores de crecimiento juegan un papel crucial en la guía y regulación de la curación. Esto implica que, aunque ciertas etapas puedan ocurrir de manera secuencial, el proceso en su conjunto se complementa de manera continua, permitiendo una recuperación coordinada y eficaz de los tejidos afectados (Bowers & Franco, 2020).

En esta primera etapa hemostasis/ coagulación, que incluye la vasoconstricción para detener el sangrado, típicamente entre el primer y tercer día después de cuando se dio la herida o lesión. A continuación, se desarrolla la fase inflamatoria, caracterizada por la liberación de citoquinas y factores que promueven la vasodilatación y la fagocitosis. Los neutrófilos desempeñan un papel crucial al liberar especies reactivas de oxígeno y proteasas, lo que resulta en enrojecimiento, hinchazón, calor y dolor en la piel lo que desencadena una respuesta por parte del resto de mecanismos del cuerpo del ser humano (Bowers & Franco, 2020).

Simultáneamente, se inicia la fase de proliferación en el proceso de cicatrización de la herida. Esta etapa se distingue por varias actividades clave, la primera de ellas es la síntesis activa de colágeno, fundamental para la estructura y resistencia del tejido

cicatricial; la formación progresiva de tejido de granulación, crucial para la reparación del área lesionada; después la epitelización, que restaura la integridad superficial de la piel o mucosa afectada; y la angiogénesis, un proceso esencial en el cual las células endoteliales forman nuevos vasos sanguíneos para proporcionar nutrición y soporte al tejido en recuperación, además se puede observar la contracción de la herida, la cual es facilitada por la acción coordinada de los miofibroblastos. Estas células especializadas se adhieren a los bordes de la lesión y ejercen una fuerza de tracción hacia el centro, lo que conduce a la reducción de la superficie de la herida y favorece su cierre. Este fenómeno de contracción desempeña un papel crucial en la mejora funcional y estética del área afectada, contribuyendo significativamente a la recuperación del tejido lesionado (Bowers & Franco, 2020; Quazi et al., 2022).

Finalmente, se llega a la fase de maduración y remodelación del tejido dañado, un periodo crucial en el cual se caracteriza por la progresiva deposición de colágeno tipo I y III. En esta fase es fundamental para permitir que el proceso de cicatrización evolucione hasta alcanzar aproximadamente el 80% de la integridad estructural y funcional del tejido original afectado, la apariencia final dependerá de la profundidad o severidad de la lesión o herida (Bowers & Franco, 2020).

Como se pudo constatar en las etapas mencionadas, este proceso dinámico y secuencial pone de relieve la complejidad y la eficacia del mecanismo de cicatrización del cuerpo humano. La existencia de datos detallados y la capacidad para describir meticulosamente las fases de este proceso posibilitan su exploración en diversos niveles dentro de investigaciones experimentales, destacándose particularmente el análisis a nivel histológico (Bowers & Franco, 2020).

*1.2.5 Ungüentos.* Para poder ayudar y mejorar en los procesos de cicatrización muchas veces se utilizan principios activos en alguna clase de forma farmacéutica semisólidas ya que son los más adecuados en este tipo de lesiones. Esta clase de formas farmacéuticas engloban productos como ungüentos, pomadas, pastas, cremas, emplastos y geles, son altamente preferidas en el tratamiento de enfermedades de la piel debido a su capacidad para administrar principios activos de manera localizada en la zona afectada. Este enfoque no solo reduce la exposición del resto del organismo a los medicamentos, disminuyendo así los posibles efectos adversos sistémicos y la toxicidad, sino que también minimiza la degradación que podría ocurrir durante el metabolismo de primer paso o en el tracto gastrointestinal (Herbig et al., 2023; Nashier et al., 2022).

Debido a lo característico de su aplicación local, su efecto terapéutico se concentra únicamente en el área específica de la piel que requiere atención, además estas formas semisólidas permiten una absorción eficiente del principio activo, promoviendo una respuesta terapéutica efectiva y rápida. Además, al evitar la exposición sistémica excesiva, se mejora la seguridad del tratamiento y se optimiza la eficacia del medicamento, contribuyendo a una recuperación más efectiva de la condición dermatológica presente (Herbig et al., 2023; Nashier et al., 2022).

Es relevante señalar que, a pesar de su uso proviene de manera ancestral, tiene su prevalencia en la dermatología contemporánea, las formas farmacéuticas semisólidas tienen aplicaciones más allá de la administración tópica en afecciones de la piel. Estas formulaciones también pueden ser empleadas en otras vías de administración, como la vaginal, rectal y conjuntival. Por lo tanto, son un tipo de medicamento que tiene una gran versatilidad que permite adaptar su uso según las necesidades específicas del tratamiento, proporcionando beneficios similares de concentración localizada del principio activo en distintos contextos médicos (Herbig et al., 2023; Nashier et al., 2022).

Entre los productos que se pueden encontrar en esta categoría, los ungüentos son un tipo de medicamento que tiene definiciones muy variadas en la literatura. Algunas descripciones los definen como pomadas de alta consistencia y baja extensibilidad, lo que los asocia con las pomadas como una forma semisólida similar, e incluso los clasifican como un tipo específico de pomada (Pabón-Varela & González Julio, 2017).

No obstante, según otras investigaciones, se destacan diferencias específicas entre los ungüentos y las pomadas. Por ejemplo, los ungüentos se caracterizan por su ausencia total de contenido de agua, mientras que las pomadas sí contienen una pequeña cantidad de agua, aunque en proporciones menores en comparación con otras formas farmacéuticas como las cremas. Esta distinción es significativa no solo en términos de composición, sino también en cuanto a cómo estas formas semisólidas pueden afectar la aplicación y la eficacia del tratamiento en diferentes condiciones. (García et al., 2015).

No obstante, según la United States Pharmacopeial Convention (2007), estas preparaciones semisólidas están definidas como formulaciones destinadas para la aplicación externa en la piel o membranas mucosas. Aunque esta referencia no entra en especificaciones detalladas sobre la consistencia específica o el contenido exacto de agua, subraya la importancia de estas formas farmacéuticas en el contexto del lugar para su aplicación, enfatizando su uso para el tratamiento localizado de diversas condiciones médicas.

Además, tiene otras características importantes como su propiedad de retener la humedad y evitar la evaporación del agua y el sudor, lo cual resulta fundamental para mantener la piel hidratada. Esta capacidad lo convierte en una opción idónea para el tratamiento de áreas de piel más gruesas, como las palmas de las manos o las plantas de los pies, donde se requiere una mayor protección y cuidado para mantener la integridad y suavidad de la piel. Debido a estas características específicas, son perfectas para ser utilizadas como formas de medicación para el tratamiento de heridas superficiales (García et al., 2015; Lara Rojas, 2022).

*1.2.5.1 Proceso de preparación del ungüento.* En la formulación de estas formas farmacéuticas semisólidas, se emplean principalmente cuatro tipos de bases distintas, cada una con características específicas y aplicaciones particulares. Las bases de hidrocarburos, como la vaselina blanca o el petrolato blanco, son conocidas por su capacidad para proporcionar un contacto prolongado y actuar como un vendaje oclusivo sobre la piel. Este tipo de bases son ideales para mantener la hidratación y proteger la piel en áreas donde se requiere una barrera protectora duradera (United States Pharmacopeial Convention, 2007).

Por otro lado, las bases de absorción se presentan en forma de emulsiones agua-en-aceite (W/O). Estas bases permiten la absorción de líquidos acuosos de la piel, lo cual es beneficioso en el tratamiento de condiciones donde se necesita una hidratación adicional y la retención de humedad. En contraste, las bases lavables con agua se manifiestan como emulsiones aceite-en-agua (O/W), las cuales son fáciles de retirar con agua y son adecuadas para situaciones donde se requiere una aplicación más ligera y menos oclusiva (United States Pharmacopeial Convention, 2007).

Finalmente, las bases hidrosolubles incluyen ungüentos formulados con polietilenglicol, los cuales son solubles en agua y ofrecen beneficios específicos en términos de facilidad de aplicación y absorción. Estos diferentes tipos de bases proporcionan opciones versátiles para adaptar el tratamiento a las necesidades específicas de la piel y las condiciones médicas, asegurando así una aplicación efectiva y confortable de las formas semisólidas en la práctica dermatológica y terapéutica (United States Pharmacopeial Convention, 2007).

El método convencionalmente empleado es la técnica de fusión. En la literatura científica que aborda la preparación de ungüentos, se describen dos procedimientos habituales: en el primero, se comienza por fundir la base inicial, que puede ser vaselina o parafina, y posteriormente se incorporan gradualmente todos los excipientes de naturaleza oleosa

hasta obtener una mezcla uniforme en textura (García et al., 2015; Lahare et al., 2024). La literatura especializada resalta que el empleo de vaselina como base para la elaboración de formas farmacéuticas no siempre es recomendable debido a que puede provocar una liberación lenta del principio activo, a menos que se apliquen técnicas para mejorar esta propiedad, como la incorporación de microemulsiones (Kang et al., 2021).

Este proceso de fusión se realiza de diversas maneras, siendo una de ellas mediante baño maría a una temperatura de aproximadamente 70 °C. Sin embargo, la elección de la temperatura específica dependerá de las propiedades individuales de los excipientes utilizados, siempre priorizando la optimización y el cuidado para evitar la degradación prematura durante la elaboración de la formulación (Kang et al., 2021).

Una vez obtenida la base del ungüento, se procede a integrar los extractos con propiedades terapéuticas mediante el método de levigación. Esto implica la agitación manual o con la asistencia de equipos como homogeneizadores, los cuales se deben controlar las revoluciones por minuto (rpm) a una cantidad de 6000 durante aproximadamente cinco minutos (Kang et al., 2021; Lahare et al., 2024).

Es crucial determinar el momento adecuado para la adición del fármaco, considerando que puede incorporarse cuando la base aún está caliente. Sin embargo, si el fármaco es termolábil, lo más apropiado es añadirlo después de que la base del ungüento se haya enfriado, especialmente en el caso de extractos naturales, para preservar su integridad y potencia terapéutica (Lahare et al., 2024).

La segunda técnica empleada en la preparación de formas farmacéuticas semisólidas, como se encontró en la elaboración de un ungüento a base de semillas de *A. catechu* según lo descrito por el investigador, consiste en utilizar un vaporizador a 65 °C en un baño maría para fundir simultáneamente todos los ingredientes oleosos. Posteriormente, la mezcla se deja enfriar y se homogeneiza utilizando un homogeneizador, aunque en este caso a una velocidad más baja de 1500 rpm y durante un tiempo prolongado, de dos a tres veces más que en el procedimiento anterior. El resto del proceso es similar, incluyendo la adición del principio activo en diversas concentraciones para obtener el producto final deseado (Sandhiutami et al., 2023).

Además, en el contexto de evaluación de parámetros de acción terapéutica en investigaciones previas sobre formas farmacéuticas semisólidas destinadas a aplicaciones medicinales, es común preparar múltiples formulaciones que contienen diferentes concentraciones del principio activo o extracto. Este enfoque permite asegurar la fiabilidad de los resultados respecto a la actividad biológica de estos

productos en las lesiones específicas para las cuales están destinados (Nashier et al., 2022).

Tras completar su elaboración, otra fase crucial en el proceso del ungüento es la evaluación de sus propiedades físicas a través de ensayos específicos. Esto incluye la evaluación de características organolépticas, la prueba de untabilidad o también conocida como extensibilidad, así como la evaluación de la homogeneidad del producto. Además, es esencial medir el pH del ungüento para asegurar que sea adecuado para la piel, utilizando un pHmetro como método de verificación (Lahare et al., 2024).

*1.2.6 Ensayos preclínicos.* Los ensayos preclínicos son una fase crítica en el proceso de desarrollo y evaluación de nuevos medicamentos, ya que sientan las bases para futuros estudios clínicos. Estas investigaciones son esenciales para minimizar riesgos y comprender a fondo la eficacia, seguridad y posibles efectos adversos de los tratamientos en evaluación. Al establecer un marco sólido de conocimiento en esta etapa temprana, se proporciona la justificación necesaria para avanzar hacia estudios clínicos posteriores con mayor confianza y seguridad. Este proceso también permite identificar y abordar posibles preocupaciones de seguridad antes de que los tratamientos sean evaluados en humanos, asegurando así un progreso responsable y ético en el desarrollo de nuevas terapias médicas (Willmann et al., 2020).

En este tipo de estudios preclínicos, se emplean una amplia gama de especies animales, siendo los ratones domésticos, conocidos científicamente como *Mus musculus* uno de los tipos más comúnmente utilizados. Estos animales vertebrados son especialmente prevalentes en laboratorios de investigación experimental, educación y pruebas debido a su disponibilidad, tamaño manejable y características biológicas que los hacen adecuados para estudios variados en ciencias biológicas y biomédicas (Sanz-Moreno et al., 2024).

En la investigación experimental, existe una notable disparidad en el uso de animales según su sexo, siendo los machos considerablemente más utilizados en comparación con las hembras, como lo indica el estudio de Castañeda Forero & Sarmiento Mosquera (2020), se reporta que el 83% de los estudios se concentran en el uso de machos, mientras que solo un 3% se centra en el estudio de hembras. Esta discrepancia puede tener implicaciones significativas en la generalización de los resultados obtenidos, ya que las diferencias biológicas entre machos y hembras pueden influir en la respuesta a tratamientos y en la comprensión de la fisiopatología de diversas condiciones médicas.

En estudios de este tipo, los animales son empleados como bioindicadores fundamentales, ofreciendo información valiosa de manera tanto directa como indirecta. Además, en el ámbito de los modelos animales utilizados para evaluar formas farmacéuticas, estos ensayos permiten verificar de manera efectiva la autenticidad de la actividad terapéutica en comparación con un grupo de control o placebo (Cabrerro-Sañudo et al., 2022).

Cabe destacar que en experimentaciones que se usarán modelos animales, es imperativo seguir estrictas guías y protocolos éticos para el manejo de animales de laboratorio. Para asegurar el cuidado adecuado de estos animales, se cuenta con recursos como la "Guide for the Care and Use of Laboratory Animals" del Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE. UU., Servicio de Salud Pública e Institutos Nacionales de Salud. Asimismo, la Directiva 2010/63/UE establece uno de los marcos legales más rigurosos y progresistas a nivel mundial para la protección de los animales de laboratorio. No obstante, también existen numerosas otras guías y protocolos que ofrecen directrices para prácticas éticas y el manejo adecuado de animales en investigación preclínica (Chlebus et al., 2016; Institute of Laboratory Animal Resources (US) & Committee on Care, & Use of Laboratory Animals, 1986).

De manera general, estas directrices señalan la necesidad de un comité que monitoree el uso y cuidado de los animales, en donde uno de los miembros sea un experto en investigaciones animales perteneciente a la institución, un veterinario certificado, otro experto que no pertenezca a la institución. Además de ello, se señala las condiciones necesarias de cría y desarrollo de los animales como la temperatura, humedad, ventilación, comida, entre otros (Institute of Laboratory Animal Resources (US) & Committee on Care, & Use of Laboratory Animals, 1986).

De acuerdo a la segunda guía mencionada, se deben establecer directrices rigurosas incluso desde la elección del modelo animal, enfatizando la ley de las "tres R": reemplazo, reducción y refinamiento. El reemplazo se define como la utilización de métodos, estrategias o enfoques que prescinden del uso de animales, priorizando alternativas que no impliquen el uso de seres vivos como primera opción. Este enfoque promueve la búsqueda constante de modelos que puedan substituir la necesidad de experimentación animal (Council of the European Union & European Parliament, 2010; Lee et al., 2020).

La siguiente "R" implica cualquier estrategia que permita utilizar un número menor de animales para alcanzar los mismos objetivos científicos. Se orienta hacia la optimización

de los experimentos, buscando métodos que permitan obtener resultados comparables o incluso mejores, pero con la mínima cantidad de individuos biológicos posible. Esto implica un enfoque proactivo en la planificación experimental y en el diseño de estudios para maximizar la eficiencia y minimizar la cantidad de animales utilizados (Council of the European Union & European Parliament, 2010; Lee et al., 2020).

Por último, el refinamiento se refiere a la modificación continua de procedimientos y prácticas desde el nacimiento hasta la muerte del animal experimental. Este principio busca mitigar cualquier forma de dolor, sufrimiento o estrés, además de mejorar el bienestar general de los animales involucrados en la investigación. Incluye aspectos como el manejo cuidadoso, la mejora de las condiciones de alojamiento, la implementación de métodos analgésicos y la aplicación de técnicas que reduzcan al mínimo el malestar y el sufrimiento experimentado por los animales (Council of the European Union & European Parliament, 2010; Lee et al., 2020).

Un claro ejemplo de esta última "R", se puede reflejar en el caso de pretender realizar un estudio histológico para la comprobación del efecto cicatrizante del carbón activado en ratones domésticos, el asegurar el bienestar de los ratones *Mus musculus* utilizados, minimizando el sufrimiento al anestésiarlos adecuadamente antes de realizar con cuidado cualquier procedimiento de corte necesario para el estudio de las heridas necesarias para monitorear el estudio (Yoon et al., 2020).

No obstante, dentro del contexto de las "tres R", se ha enfatizado el reemplazo por encima de la reducción, mientras que el refinamiento se ha considerado como una prioridad menor. Por lo tanto, en la investigación, la tendencia predominante es reemplazar los modelos animales con modelos informáticos, cultivos de tejidos o células (Lee et al., 2020).

Seguir estas guías no solo garantiza el cumplimiento de normas éticas en su cuidado, sino que también contribuye a reducir la variabilidad en los resultados de las experimentaciones en las que participan. Esto se logra al minimizar la influencia de otros factores que podrían alterar los resultados reales (Chlebus et al., 2016).

## **2. METODOLOGÍA**

### **2.1 Diseño de la Investigación**

El presente trabajo investigativo se basó en una investigación experimental de tipo descriptivo-analítico donde se determinó la actividad cicatrizante del carbón activado mediante la elaboración de una forma farmacéutica semisólida “ungüento” donde se utilizó como bioindicadores ratones *Mus Musculus* observando su efectividad mediante análisis histológicos durante el periodo de junio del 2024 hasta enero del 2025, para contribuir a futuras investigaciones.

### **2.2 Enfoque de la investigación**

El siguiente trabajo tuvo un enfoque cualitativo, dado a que se evaluó la efectividad cicatrizante de cada organismo modelo en un tiempo determinado, con el fin de responder las preguntas de investigación propuestas anteriormente.

### **2.3 Población de estudio**

La población estuvo compuesta por ratones *Mus musculus* la cual se dividió en dos grupos principales, el grupo experimental y el grupo control ya que en este se utilizó el mismo número de ratas que en el grupo experimental para tener una base de comparación adecuada. Estos ratones no recibieron el ungüento con carbón activado, sino que se les aplicará una sustancia control (como un ungüento sin el principio activo) para observar la diferencia en la cicatrización.

### **2.4 Muestra**

La muestra estuvo compuesta por la formulación de formas farmacéuticas semisólidas con diferente concentración de principio activo “carbón activado” teniendo como objetivo la evaluación de la efectividad cicatrizante, eficacia y seguridad.

### **2.5 Ubicación de estudio**

El siguiente estudio se llevó a cabo en los laboratorios de investigación y el bioterio de la Facultad de Ciencias Químicas y la Salud.

### **2.6 Materiales y equipo**

#### *2.6.1 Materiales*

- Mandil
- Guantes

- Gorro
- Protectores de zapatos
- Mascarilla
- Toallas absorbentes
- Papel filtrante
- Espátulas
- Recipiente de plástico
- Bisturí
- Alcohol
- Gasas
- Franelas
- Vasos de precipitación
- Tubos de ensayo
- Placas de vidrio
- Porta objetos
- Cubre objetos}

#### *2.6.2 Equipos*

- Mortero
- Potenciómetro
- Estufa
- Microscopio

#### *2.6.3 Reactivos*

- Carbón activado (Cabot Corporation)
- Vaselina (petrolato blanco sólido)
- Metilparabeno (Quimiprova)

- Propilparabeno (Quimiprova)
- Etanol etílico al 96%
- Agua destilada

## **2.7 Métodos y técnicas**

Ensayos de calidad

*2.7.1 Ensayo de pH carbón activado.* El ensayo de pH en las formulaciones con diferentes concentraciones se realizó por triplicado utilizando un potenciómetro donde el electrodo se sumergió en la muestra y se esperó hasta que la lectura se estabilizó. Se limpió el electrodo con agua destilada después de cada medición para evitar contaminación.

*2.7.2 Ensayo de Humedad al carbón activado.* El procedimiento consistió en pesar una cantidad específica de muestra, someterla a secado en una estufa a temperaturas entre 100°C y 105°C hasta que alcanzó un peso constante, se enfrió en un desecador y se volvió a pesar para calcular la pérdida de peso como porcentaje del peso inicial

*2.7.3 Preparación de ungüento directo.* Se prepararon dos formulaciones de ungüento con el método de fusión e incorporación con carbón activado en concentraciones al 2%, 4%, y una formulación de control, donde se realizaron los ensayos de calidad.

## **2.8 Efecto cicatrizante sobre la piel**

Organismo Modelo: El ensayo se realizó con los ratones *Mus musculus* en la cual se hizo un corte circular para evaluar el efecto cicatrizante.

Agrupación de organismo modelo: Se dividió a 3 ratones por cada formulación farmacéutica.

Sexo: Un solo sexo (hembras).

Aclimatación: Los ratones se mantuvieron en cuarentena con acceso a comida y agua.

## **2.9 Técnica de recolección de datos**

Se empleó el análisis estadístico descriptivo donde se compararon los resultados obtenidos mediante la evaluación diaria de la efectividad cicatrizante del ungüento. Las evaluaciones diarias incluyeron el monitoreo visual de las heridas en puntos de tiempo

específicos para su documentación y la comparación del proceso de cicatrización entre los diferentes grupos experimentales.

## **2.10 Documentación de datos**

Fotografías: Se tomaron imágenes microscópicas de las secciones realizadas para documentar la restauración del tejido.

## **2.11 Técnicas para el procesamiento de datos**

Se empleó un análisis descriptivo con el fin de analizar y discutir los datos recolectados en el lapso del estudio.

## **2.12 Herramientas para el procesamiento de datos**

Se utilizaron cuadros descriptivos donde se procesó la información recopilada en la investigación con el uso teórico y práctico de artículos científicos, libros y revistas científicas.

Cuantificación: Se realizaron análisis cuantitativos del tiempo de estudio con los organismos modelos utilizando software de imágenes para la evaluación de los diferentes aspectos del tejido cicatrizado.

## **2.13 Ensayos**

*2.13.1 Ensayo de humedad carbón activado.* El método de pérdida por secado es una técnica gravimétrica utilizada para determinar el contenido de humedad en ungüentos y otras formulaciones semisólidas, basado en la medición de la pérdida de peso tras la evaporación de componentes volátiles, principalmente agua. El procedimiento consiste en pesar una cantidad específica de muestra, someterla a secado en una estufa a temperaturas entre 100°C y 105°C hasta alcanzar un peso constante, enfriar en un desecador y volver a pesar para calcular la pérdida de peso como porcentaje del peso inicial (ANMAT, 2014). Este método es ampliamente reconocido en farmacopeas internacionales debido a su simplicidad y eficacia, aunque debe aplicarse con precaución, considerando que algunas sustancias pueden contener otros volátiles que influyan en la interpretación de los resultados (ANMAT, 2014).

En el ensayo de humedad se pesaron 10 gramos de carbón activado granulado de la marca Cabot Corporation en la balanza analítica de la marca OHAUS PIONEER, se trituraron los 10g con la ayuda de un mortero una vez terminado este proceso se colocó previamente pesado en un capsula, luego de esto se ubicó en la estufa de la marca

MEMEERT a una temperatura de 105 °C durante 3 horas, pasadas las horas se dejó enfriar para pesar la cantidad específica de la pérdida del porcentaje inicial.

*2.13.2 Ensayo de pH carbón activado.* Siempre que la solución que se está midiendo sea lo suficientemente similar en composición a la solución amortiguadora usada para la normalización, el pH operacional será bastante cercano al pH teórico. Aunque no se hace ninguna afirmación en lo que se refiere a la aptitud del sistema para medir la actividad o la concentración del ion hidrogeno, los valores obtenidos están estrechamente relacionados con la actividad del ion hidrogeno en soluciones acuosas. Cuando un medidor de pH se normaliza mediante el uso de una solución amortiguadora acuosa y luego se la emplea para medir el "pH" de una solución o suspensión no acuosa, la constante de ionización del ácido o de la base, la constante dieléctrica del medio, el potencial de unión líquida (que puede originar errores de aproximadamente 1 unidad de pH) y la respuesta del electrodo de vidrio al ion hidrogeno cambian totalmente. Por estas razones, los valores así obtenidos con soluciones que son solo de carácter parcialmente acuoso pueden considerarse únicamente como valores aparentes de pH (United States Pharmacopeial Convention., 2007).

Para el ensayo de humedad se utilizó el carbón activado granulado de la marca Cabot Corporation donde se pesó 1 gramo en la balanza analítica de marca OHAUS PIONEER en vaso de precipitación de midió 10 ml de agua destilada comercial donde se colocó el carbón activado previamente pesado con un agitador se agito durante 2 minutos luego de esto se dejó reposar por 4 minutos luego de que pasaron los minutos se agito nuevamente para elaborar la correcta lectura en el potenciómetro de la marca OAKION el proceso de lectura se realizó por triplicado en cada lectura se realizó la debida limpieza del bulbo de vidrio para que no haya un error en la lectura.

*2.13.3 Proceso general para la elaboración de ungüento.* El método convencionalmente empleado es la técnica de fusión. En la literatura científica que aborda la preparación de ungüentos, se describen dos procedimientos habituales: en el primero, se comienza por fundir la base inicial, que puede ser vaselina o parafina, y posteriormente se incorporan gradualmente todos los excipientes de naturaleza oleosa hasta obtener una mezcla uniforme en textura (García et al., 2015; Lahare et al., 2024). La literatura especializada resalta que el empleo de vaselina como base para la elaboración de formas farmacéuticas no siempre es recomendable debido a que puede provocar una liberación lenta del principio activo, a menos que se apliquen técnicas para mejorar esta propiedad, como la incorporación de microemulsiones (Kang et al., 2021).

Este proceso de fusión se realiza de diversas maneras, siendo una de ellas mediante

baño maría a una temperatura de aproximadamente 70 °C. Sin embargo, la elección de la temperatura específica dependerá de las propiedades individuales de los excipientes utilizados, siempre priorizando la optimización y el cuidado para evitar la degradación prematura durante la elaboración de la formulación (Kang et al., 2021).

Una vez obtenida la base del ungüento, se procede a integrar los excipientes con propiedades terapéuticas mediante el método de levigación. Esto implica la agitación manual o con la asistencia de equipos como homogeneizadores, los cuales se deben controlar las revoluciones por minuto (rpm) a una cantidad de 6000 durante aproximadamente cinco minutos (Kang et al., 2021; Lahare et al., 2024).

El proceso de elaboración de ungüento se realizó mediante el método de fusión e incorporación para esto se utilizó como base Petrolato blanco sólido comercial como principio activo carbón activado granulado de la marca Cabot Corporation, conservantes metilparabeno y propilparabeno de la marca Quimiprova. El proceso comenzó con la dilución de la vaselina la fue calentada a 60-70 °C en un baño maría hasta alcanzar una consistencia fluida, luego de esto se dejó enfriar por unos minutos para agregar los conservantes el metilparabeno y propilparabeno posteriormente, el carbón activado fue triturado y tamizado para eliminar grumos y facilitar su dispersión en la base. Se incorporó el carbón activado en pequeñas porciones, mezclando con un agitador vigorosamente hasta obtener una dispersión uniforme y homogénea. Una vez lograda la integración completa de los componentes, se colocó en recipientes de plásticos procedentes de Productos de Limpieza Dr. Jorge. Romero Matamoros. Cabe recalcar que este procedimiento se realizó en cada formulación de ungüento.

*2.13.4 Ensayos Organolépticos.* En este ensayo de calidad, se evalúa el olor, color y sabor (en caso de que aplique) También se analiza el aspecto, es decir, la apariencia del medicamento, describir todas las características que presenta. Su determinación u observación proporciona una primera impresión de la calidad del producto. Deben presentar aspecto homogéneo, color y olor agradable o por lo menos aceptable y textura suave luego de la aplicación vía tópica. Una vez elaboradas las muestras se deben observar a diferentes intervalos de tiempo (24 horas, 7,15, 30 y 41 días) con la finalidad de examinar: homogeneidad, textura, consistencia, color y olor (SIGNORELLI, 2005).

En los ensayos organolépticos de las formas farmacéuticas semisólidas con diferentes concentraciones, se desarrollará una evaluación cualitativa la cual fue destinada para analizar las características físicas y sensoriales. Este procedimiento garantiza que el producto cumple con los estándares establecidos en cuanto a apariencia, color, olor,

textura (SIGNORELLI, 2005).

Los ensayos organolépticos que se realizaron en cada formulación fueron olor, color y aspecto mostrando una similitud en características en las formulaciones con concentraciones al 2% y 4% ya que estas contienen el mismo principio activo mientras que la formulación control presentó características distintas ya que esta no contiene principio activo estos ensayos fueron evaluados sensorialmente demostrando ser aptos para su aplicación.

*2.13.5 Ensayo de extensibilidad.* La propiedad de extensibilidad de un semisólido es importante porque indica cómo se comportarían las formas tópicas al extruir del recipiente, al aplicar y su uniformidad de la dosis, influyendo en la eficacia terapéutica (Ahmadi, et al, 2023).

La viscosidad y la extensibilidad son inversamente proporcionales; mientras más viscoso es menor su capacidad de extenderse en el espacio. Además, estas propiedades dependen del tipo de dosificación del semisólido para ser untado y adaptado a la forma de la zona aplicada (Ahmadi, et al, 2023).

Se pesará aproximadamente 2 gramos del producto final, se lo colocó en una de las dos placas de vidrio y se procedió a ubicar la placa restante encima de la que contenía la muestra, sin empujarlo ni hacer fuerza ya que estas tenían ya un peso adecuado para realizar este tipo de ensayo. Después de un minuto, se midió cuidadosamente con ayuda de una regla el diámetro de la extensión de la muestra (FORMULACIÓN MAGISTRAL ZONZAMAS., 2021).

El ensayo de extensibilidad se realizó con la ayuda de dos placas de vidrio donde se colocó 2 gramos de ungüento al 2% en la primera placa una vez colocado se procede a ubicar la segunda placa de vidrio encima se esperó aproximadamente un minuto para proceder a medir cuidadosamente la extensión de la muestra para evitar errores en la lectura, este proceso se realizó en todas las formulaciones de ungüento cabe indicar que se realizó la debida limpieza en las placas de vidrio para proceder a medir las siguientes formulaciones.

*2.13.6 Ensayo de Pre-estabilidad.* Los estudios de estabilidad acelerada a corto plazo, tiene como objetivo determinar la vida útil de la formulación desarrollada, del mismo modo exponer las condiciones más beneficiosas del almacenamiento. Siendo su principal ventaja anticipar el comportamiento del producto en acelerar la descomposición física y química de los componentes de su formulación. Estos estudios se llevan a cabo con equipos diseñados para poder controlar los factores que intervienen al simular las alteraciones ambientales las cuales estarán sometidos a cambios de

temperatura, humedad y luz. Las temperaturas de las cuales se recomienda realizar este tipo de ensayo deben estar por encima de 30°C, dentro de las temperaturas más utilizadas se encuentran: 37°C ° a 50°C (Zambrano y Moncada., 2016)

Para el estudio de la pre-estabilidad se realizó con las tres formulaciones de ungüentos donde se pesó 20 gramos de cada ungüento y se colocó en tres capsulas cada una seleccionadas por cada ungüento se colocaron en la estufa de la marca MEMMEERT en un lapso de 48 horas a una temperatura inicial de 25°C y una temperatura final de 45°C a las formulaciones a base de carbón activado, luego de a ver transcurrido el tiempo determinado se desarrollaron estudios de las características organolépticas y el pH para observar si ocurrió un cambio.

*2.13.7 Ensayo en los organismos modelos.* El ensayo en los organismos modelos se utilizó cloroformo como anestesia donde se colocó 0.2 ml en un algodón dentro de un vaso de precipitación de 100 mL dentro de este se colocó a los ratones encima del vaso se colocó una palca de vidrio se dejó por 1 minuto una vez anestesiado se procedió a rasurar la parte del lomo de los ratones con la presto barba de la marca Bic Sensivite una vez rasurado el área se ejecutó la herida de 1cm con la ayuda de un bisturí de la marca ANDINO EDUADOR una vez ejecutada la herida se realizó la asepsia alrededor de la herida con alcohol de la marca WEIR, este proceso se desarrolló a los 12 ratones que se utilizaron para el estudio de la actividad cicatrizante, los ratones fueron colocados en jaulas realiza especialmente para gestionar el monitoreo y aplicación del tratamiento en un lapso de 15 días. El proceso de cicatrización se fue midiendo con una regla cada 5 días cabe indicar que los ratones se mantuvieron con su alimentación normal, la limpieza de sus jaulas se elaboró todos los días para evitar alguna contaminación.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el estudio, se utilizaron 12 ratones, distribuidos en cuatro grupos de tres individuos cada uno. Se aplicó un tratamiento local con carbón activado en concentraciones del 2% y 4%, además de un grupo control y otro tratado con una crema comercial. El tratamiento se llevó a cabo durante el período comprendido entre enero y febrero de 2025.

#### 3.1 Resultados de ensayos de calidad realizados al carbón activado

*3.1.1 Ensayo de pH.* El análisis de la muestra de carbón activado revela que su pH se encuentra dentro del rango estipulado por la farmacopea USP 30 (4.0 – 11.0) como se puede visualizar en la tabla 1, lo que indica su idoneidad para su uso en la industria farmacéutica, especialmente en productos destinados al contacto con la piel sin causar irritaciones. Estos resultados coinciden con los hallazgos de Hernández-Rodríguez et al. (2017), quienes reportaron que el pH del carbón activado varía según su modificación química, registrando un valor de 10 en la muestra sin modificar (CAG) y valores de 7.9, 5.2 y 5.1 en las muestras modificadas (CAG1, CAG2 y CAG3), respectivamente.

**Tabla 1.** Estudio del pH de carbón activado

Muestra	Resultado	Límite
Carbón activado	9.91	4.0 - 11.0 USP 30

Fuente. Elaboración propia

*3.1.2. Ensayos de humedad.* En resultado obtenido se puede observar en la tabla 2 obtenidos en el ensayo, el valor registrado del 10 % confirma que la muestra procesada se encuentra dentro de los estándares establecidos por la farmacopea USP 30. Esto certifica que el producto cumple con los requisitos de calidad exigidos para su aplicación en la industria farmacéutica. Dichos hallazgos son consistentes con los reportados en el estudio de Navarrete (2021), en el cual se obtuvo un porcentaje de humedad de 10.70 %.

**Tabla 2.** Estudio de humedad de carbón activado

Parámetro	Resultado	Límite
Humedad	10%	Hasta 15 % USP 30

Fuente. Elaboración propia

## 3.2 Resultados de los ensayos realizados a los ungüentos

### 3.2.1 Ensayo Organoléptico.

En la tabla 3 se describen los ensayos organolépticos realizados a las formulaciones a concentraciones del 2%, 4% y el control (blanco). Las formulaciones mostraron una apariencia uniforme, con una textura suave y sin partículas visibles, además de una buena facilidad de extensibilidad sobre la piel.

Exhibieron una consistencia homogénea cumpliendo con los estándares requeridos por la farmacopea USP cada concentración fue seleccionada con el propósito de evaluar su impacto tanto en las propiedades terapéuticas como en las organolépticas.

Esta información es crucial, ya que permitió analizar la variación en la estabilidad, textura, apariencia y otros parámetros clave relacionados con la calidad del principio activo incorporado. Como se menciona en el estudio de Ochoa et al. (2009), el color de las formulaciones depende de la proporción del principio activo y la cantidad de base presente, mientras que el olor es característico del ingrediente activo.

**Tabla 3.** Características organolépticas del ungüento

Parámetros	Control	2%	4%
Color	Blanco	Negro	Negro
Olor	Inoloro	Inoloro	Inoloro
Textura	Oleosa	Oleosa	Oleosa

Fuente. Elaboración propia

3.2.2 *Ensayo de pH.* Los datos ubicados en la tabla 4 del ensayo, realizado en tres repeticiones para cada formulación, mostró que todas se encontraban dentro del rango aceptable de 5.5 a 7.0. Este hallazgo es crucial para garantizar tanto la seguridad como la estabilidad de las formulaciones, dado que el pH obtenido es apropiado para reducir el riesgo de irritación en la piel, mientras asegura la compatibilidad con los excipientes empleados y la estabilidad del principio activo. Estos resultados concuerdan con la información que reporta Orlandi (2004) e Itriago & Calderón (2022) en sus estudios donde se menciona que el pH de la piel oscila entre 4.5 y 5.9 en la superficie y está estrechamente relacionado con su composición.

**Tabla 4.** Ensayo de pH en las formulaciones

<b>CONTROL</b>	<b>Ungüento al 2%</b>	<b>Ungüento al 4%</b>
5.38	5.77	5.32

Fuente. Elaboración propia

*3.2.3 Ensayo de extensibilidad.* La Tabla 5 presenta los resultados de la evaluación de extensibilidad en las formas farmacéuticas a diferentes concentraciones, los cuales evidencian un radio constante de 4.5 cm en las tres formulaciones analizadas. Este resultado demuestra que la extensibilidad es homogénea a lo largo de las distintas concentraciones, lo que indica que las formulaciones mantienen una consistencia adecuada y uniforme. Dicho hallazgo es fundamental para garantizar tanto la facilidad de aplicación como la distribución eficiente del producto en la piel. Además, estos resultados son consistentes con lo reportado por Ramos et al. (2018), quienes determinaron que una menor extensibilidad se asocia con una mayor consistencia y, en consecuencia, con una mayor adhesión.

**Tabla 5.** Ensayo de extensibilidad

<b>Ensayo</b>	<b>CONTROL</b>	<b>2g</b>	<b>4g</b>
<b>Extensibilidad</b>	4.5 radio	4.5 radio	4.5 radio

Fuente. Elaboración propia

### **3.3 Resultados del estudio de Pre-Estabilidad de ungüento**

Se llevó a cabo un estudio de pre-estabilidad en las formulaciones a base de carbón activado, en el cual se sometieron los ungüentos a condiciones de temperatura controlada durante 48 horas. Posteriormente, se evaluaron sus características organolépticas, sin evidenciarse alteraciones ni variaciones en el pH. Estos hallazgos coinciden con un estudio previo realizado en ungüentos a base de capsaicina, en el que, tras la aplicación de temperatura durante el mismo período, no se observaron cambios en los valores de pH ni en las características iniciales y finales de la formulación (Ayala & Castillo, 2019).

### 3.4 Resultados de la determinación del efecto cicatrizante de los ungüentos

El uso del carbón activado en la cicatrización de heridas en modelos animales como *Mus musculus* no ha sido ampliamente explorado en la literatura científica, por lo que no existen estudios previos que permitan una comparación directa con los resultados de este trabajo. Sin, embargo investigaciones en humanos han sugerido que el carbón activado tiene propiedades que pueden promover la curación de heridas, como la capacidad de adsorber toxinas y mejorar el entorno local de la herida (Sadat, 2022). Este estudio, al centrarse en los efectos del carbón activado sobre la cicatrización de heridas en ratones, aporta nuevos hallazgos en este campo.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en este estudio que proporcionan una evaluación comparativa de la actividad cicatrizante de las formulaciones basadas en carbón activado frente a una formulación comercial, utilizando un modelo animal para la evaluación de heridas, se observó el progreso de la cicatrización de forma visual registrando cada 5 días el avance del cierre de estas, los resultados se resumen en la tabla 6. Además, se realizó un análisis microscópico que confirmó que la herida se cerró completamente al final del periodo de observación, lo que se puede visualizar en la tabla 7.

Los datos obtenidos revelan diferencias significativas en la velocidad y eficacia de la cicatrización entre las formulaciones y el grupo control, lo que sugiere el potencial de las formulaciones de carbón activado en la mejora del proceso de cicatrización.

**Tabla 6.** Evaluación cicatrizante en los ratones de laboratorio

Evaluación	Días			
	0	5	10	15
Control	 1 cm	 0.8 cm	 0.5 cm	 0 cm
Ungüento al 2%	 1 cm	 0.7 cm	 0.4 cm	 0 cm

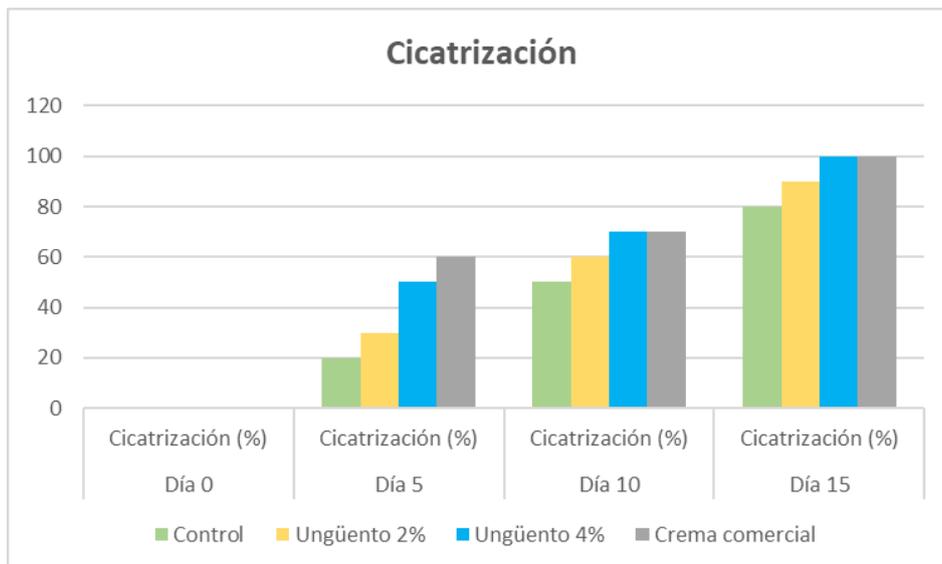
**Tabla 6.** (Continuación)

Ungüento al 4%				
	1 cm	0.5 cm	0.3 cm	0 cm
Crema comercial				
	1 cm	0.4 cm	0.3 cm	0 cm

Fuente. Elaboración propia

Desde los primeros días de evaluación (Tabla 6), se observó una diferencia notable en el inicio de la formación de costras. Las formulaciones al 2% y 4%, así como la crema comercial, comenzaron a formar costras desde el tercer día, mientras que el grupo control lo hizo al cuarto día. Este hallazgo sugiere que las formulaciones basadas en carbón activado, incluso en concentraciones más bajas (2%), promueven una respuesta cicatrizante más rápida, lo que podría estar relacionado con la capacidad del carbón activado para adsorber impurezas y promover la regeneración celular.

*Ilustración 1 Evolución Cicatrizante.*



Fuente. Elaboración propia

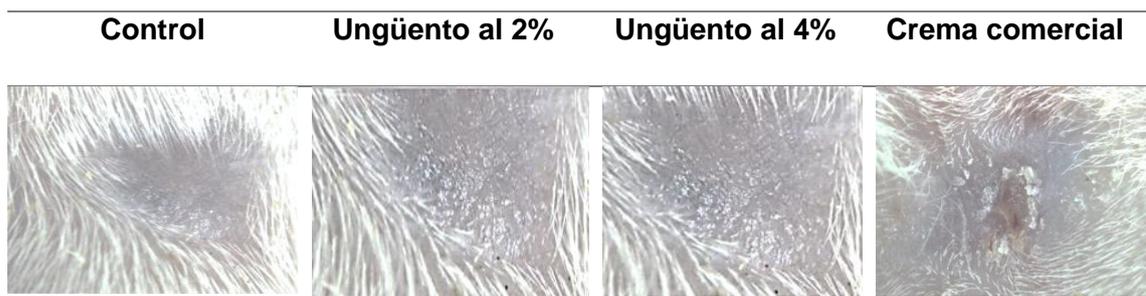
El análisis de la figura 1, la evolución de las heridas a los cinco días mostró que las formulaciones de carbón activado al 2% y 4%, así como la crema comercial, redujeron significativamente el tamaño de la herida en comparación con el grupo control. La

formulación al 4% presentó la mayor eficacia, con una reducción de la herida de 0.5 cm, seguida de la crema comercial, que también mostró buenos resultados (0.4 cm). Este patrón continuó en la medición de los diez días, donde las formulaciones al 4% y la crema comercial mostraron una mayor reducción de la herida, indicando una regeneración celular más avanzada en comparación con el grupo control.

Es relevante destacar que el cierre total de las heridas ocurrió en diferentes momentos para cada grupo. Mientras que las formulaciones al 2% lograron el cierre completo de la herida al día 13, la formulación al 4% y la crema comercial cerraron la herida al día 12. El grupo control, por su parte, presentó cicatrización completa en el día 14, lo que confirma la capacidad superior de las formulaciones de carbón activado en acelerar la cicatrización de heridas.

### 3.4.1 Resultados Microscópicos

**Tabla 7.** Evaluación cicatrizante en los ratones



Fuente: Elaboración propia

En la tabla 7 las imágenes microscópicas muestran las diferencias del proceso final de cicatrización, donde se observa una evaluación significativa en las heridas donde se aplicaron los ungüentos con diferentes dosis mostrando una estructura cutánea totalmente cicatrizada evidenciándose una regeneración de tejido distinta a la crema comercial ya que la herida que se trató con la crema comercial muestra la formación de una costra, lo que evidencia que el tratamiento con los ungüentos a base de carbón activado muestra una cicatrización más limpia y posiblemente más rápida en comparación de la crema comercial.

En resumen, los resultados de este estudio indican que las formulaciones de carbón activado, especialmente la de concentración al 4%, tienen un efecto positivo y significativo en la aceleración de la cicatrización de heridas, en comparación con el grupo control.

Además, los resultados obtenidos son comparables o incluso superiores a los de la crema comercial utilizada, lo que sugiere que el carbón activado podría ser una opción viable y efectiva para el tratamiento de heridas en la práctica clínica.

A pesar de la limitada disponibilidad de artículos científicos que utilicen modelos animales para el progreso de la cicatrización de heridas mediante observación visual, similar a lo realizado en el presente estudio con ratones *Mus musculus*, existe literatura que han utilizado el carbón activado como único o principal componente similar al de la pomada evaluada en esta investigación. Así como variaciones de este, como el uso de nanomateriales de carbono en apósitos para heridas (Sadat, 2022).

Al igual que en otros estudios previos en otro tipo de semisólidos con carbón activado utilizado en conjunto con péptidos antimicrobianos como el LL37, se encontró que favorecían la cicatrización (Lim, 2024). Lo que concuerda con el efecto positivo observado en la cicatrización de las heridas en esta investigación, demostrando su potencial como agente terapéutico en el proceso de curación.

Por lo tanto, se recomienda realizar estudios adicionales para evaluar posibles mecanismos de acción y confirmar estos hallazgos en otros modelos experimentales animales y humanos.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

- Las formulaciones de ungüento a base de carbón activado muestran una efectividad significativa en la cicatrización de las heridas de los ratones *Mus musculus*.
- Las propiedades fisicoquímicas del carbón activado evaluadas demuestran que el producto es apto para el uso de formulaciones tópicas por su alta capacidad absorbente el cual es un factor clave para la eliminación de impurezas.
- Se desarrollaron tres formas farmacéuticas con concentraciones diferentes demostrando que el ungüento al 4% presentó más efectividad cicatrizante que el ungüento al 2%, lo que sugiere que la concentración desempeña un papel crucial para la actividad cicatrizante.
- Las pruebas in vivo demostraron que los ratones que se aplicó el tratamiento con la formulación de mayor concentración aceleraron el proceso de cicatrización en comparación al grupo control que no contenía la dosis con el principio activo.

### RECOMENDACIONES

- Realizar un estudio a largo plazo y con un número más grande de los organismos modelos para obtener resultados más representativos.
- Mejorar las condiciones del ambiente de los animales en experimentación para evitar minimizar los factores de estrés que puedan influir en los resultados de estudio.
- Realizar los ensayos con ratas para obtener resultados significativos en tiempo más prolongado.
- Realizar estudios de cortes histológicos para evaluar la regeneración del tejido y la calidad de la cicatrización.
- Desarrollar estudios de estabilidad a largo plazo, para determinar la vida útil del producto final que garantice su eficacia.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abad, A. M., Rojo, E. N., Adán, R. B., Mena, A. V., Aranda, M. B., & Lacruz, A. M. S. (2021). El impacto de las heridas crónicas. *Revista Sanitaria de Investigación*, 2(11), 91.
- Abdel Fattah, H. S., Essawy, M., & Eissa, A. S. (2024). Activated Charcoal: A Natural Protective Measure Against The Lingual Degenerative Effect Of Tacrolimus Immunosuppressant. *Alexandria Dental Journal*, 49(1), 34-42.  
[https://adjalexu.journals.ekb.eg/article\\_334391\\_18f0df855afeb5cab60725dcf7c23f78.pdf](https://adjalexu.journals.ekb.eg/article_334391_18f0df855afeb5cab60725dcf7c23f78.pdf)
- Aboelkhair, E. G., Khalek, M. A. A., Gaber, S. A. A., & El-Kemary, M. A. (2023). Transpirational charcoal nanoparticles in a trilayered nanofibrous dressing containing marine collagen and loaded with phenytoin and tannic acid for burn healing. *Journal of Drug Delivery Science and Technology*, 89, 105091.
- Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica (ANMAT). (2014). Farmacopea MERCOSUR: Procedimiento general para la determinación de pérdida por secado.  
[https://www.anmat.gob.ar/webanmat/mercosur/ACTA01-14/P\\_Res\\_Perdida\\_Secado\\_ES.pdf](https://www.anmat.gob.ar/webanmat/mercosur/ACTA01-14/P_Res_Perdida_Secado_ES.pdf)
- Ahmadi, N., Rincón, M., Silva-Abreu, M., Sosa, L., Pesantez-Narvaez, J., Calpena, A. C., ... & Mallandrich, M. (2023). Semi-Solid Dosage Forms Containing Pranoprofen-Loaded NLC as Topical Therapy for Local Inflammation: In Vitro, Ex Vivo and In Vivo Evaluation. *Gels*, 9(6), 448.
- Al Jumaan, M. A. (2023). The Role of Activated Charcoal in Prehospital Care. *Medical Archives*, 77(1), 64. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10008342/>
- Alves, A. T., Lasmar, D. J., de Andrade Miranda, I. P., da Silva Char, J., & dos Santos Reis, J. (2021). The potential of activated carbon in the treatment of water for human consumption, a study of the state of the art and its techniques used for its development. *Advances in Bioscience and Biotechnology*, 12(06), 143-153.  
<https://doi.org/10.4236/abb.2021.126010>
- Ayala González, M. B., & Castillo C. Carrión, K. M. (2019). *Desarrollo y control de calidad de una forma farmacéutica: Ungüento a base de capsaicina utilizando*

*ají gallinazo (Capsicum frutescens)* [Tesis de grado, Universidad Técnica de Machala]. Repositorio Institucional UTMACH.

Arias Ramos, D., Cancañon Cadiz, J., Chil Nuñez, I., Escalona Arranz, J. C., & Cañada Rodríguez, R. (2018). Caracterización de una jalea de *Calendula officinalis* L. al 1% para uso estomatológico. *Ars Pharm*, 59(4), 201–206.

Bowers, S., & Franco, E. (2020). Chronic wounds: evaluation and management. *American family physician*, 101(3), 159-166.  
<https://www.aafp.org/pubs/afp/issues/2020/0201/p159.html>

Cabrero-Sañudo, F. J., García, R. C., Caro-Miralles, E., Tapetado, D. G., Grzechnik, S., & Collar, D. L. (2022). Seguimiento de artrópodos bioindicadores en áreas urbanas: objetivos, experiencias y perspectivas. *Ecosistemas*, 31(1), 2340-2340.  
<https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/2340/1511>

Carrero, J., Rodríguez, N., Carrero, A., Carrero, E., & Carrero, L. (2024). Eficacia del apósito natural versus convencional en cicatrización de leishmaniasis cutánea. Mérida. *Revista del Grupo de Investigaciones en Comunidad y Salud*, 9(3), 161-178.

Castañeda Forero, O., & Sarmiento Mosquera, J. E. (2020). Revisión sistemática de empatía en roedores.  
<https://repositorio.konradlorenz.edu.co/server/api/core/bitstreams/1953ec44-ab0f-40e2-8907-3abeee1d45ae/content>

Chlebus, M., Guillen, J., & Prins, J. B. (2016). Directive 2010/63/EU: Facilitating full and correct implementation. *Laboratory Animals*, 50(2), 151-151.  
<https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/00236772166639470>

Council of the European Union & European Parliament. (2010). *Directive 2010/63/EU of the European Parliament and of the Council of 22 September 2010 on the protection of animals used for scientific purposes* (Official Journal of the European Union, L 276/33). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32010L0063>

Dildar, M., Akram, S., Irfan, M., Khan, H. U., Ramzan, M., Mahmood, A. R., ... & Mahnashi, M. H. (2021). Skin cancer detection: a review using deep learning

techniques. *International journal of environmental research and public health*, 18(10), 5479. <https://doi.org/10.3390/ijerph18105479>

Domínguez-Saavedra, G., & Hernández-Galván, J. M. (2022). Actualización en el manejo de heridas. *Cirugía Plástica*, 31(3), 124-136.  
<https://www.medigraphic.com/pdfs/cplast/cp-2021/cp213g.pdf>

Dotto, C. M., Scolari, F., Erijman, L., & Figuerola, E. L. M. (2022). Implementacion de la desnitrificacion biologica heterotrofica para remediar aguas subterranas para consumo humano.  
<http://dx.doi.org/10.22201/iingen.0718378xe.2022.15.2.79124>

FORMULACIÓN MAGISTRAL ZONZAMAS. (2021). CONTROL DE EXTENSIBILIDAD. [Archivo de Video]. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=R4ml-NbmXvo>

García, B. L., Roig, S. O., & Rebolgar, C. G. (2015). Ungüentos, pomadas, cremas, geles y pastas: ¿es todo lo mismo. *Form Act Pediatr Aten Prim*, 8 (4), 183, 187.  
[https://fapap.es/files/639-1294-RUTA/FAPAP\\_4\\_2015\\_Unguentos\\_pomadas.pdf](https://fapap.es/files/639-1294-RUTA/FAPAP_4_2015_Unguentos_pomadas.pdf)

García, C. M., & Plaza, A. L. E. (2021). Efectividad de cremas con zinc en úlceras venosas. *Enfermería Docente*, 23-25.  
<https://www.huvv.es/sites/default/files/revistas/114-06-OR-Efectividad%20de%20cremas%20con%20zinc%20en%20%C3%BAlceras%20venosas.pdf>

Garcia-Tornadu, I., Riaño-Gomez, J., He, K., Lux-Lantos, V., & Smillie, T. (2023). Decolorized Aloe vera polysaccharide enriched preparations and their effects on human gastrointestinal cell lines. *Physiology*, 38(S1), 5788154.  
<https://doi.org/10.1152/physiol.2023.38.S1.5788154>

Harris-Tryon, T. A., & Grice, E. A. (2022). Microbiota and maintenance of skin barrier function. *Science*, 376(6596), 940-945. [10.1126/ciencia.abo0693](https://doi.org/10.1126/ciencia.abo0693)

Hassen, J. H., & Abdulkadir, H. K. (2022). Recent developments in the use of activated charcoal in medicine.  
<http://194.127.137.90:8080/repoAnbar/bitstream/123456789/9264/1/Recent%20Development%20in%20the%20Use%20of%20AC.pdf>

- Hernández-Rodríguez, M., Otero-Calvis, A., Falcón-Hernández, J., & Yperman, Y. (2017). Características fisicoquímicas del carbón activado de conchas de coco modificado con HNO<sub>3</sub>. *Revista Cubana de Química*, 29(1)
- Herbig, M. E., Evers, D. H., Gorissen, S., & Köllmer, M. (2023). Rational design of topical semi-solid dosage forms-how far are we?. *Pharmaceutics*, 15(7), 1822. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics15071822>
- Hoegberg, L. C., Shepherd, G., Wood, D. M., Johnson, J., Hoffman, R. S., Caravati, E. M., ... & Gosselin, S. (2021). Systematic review on the use of activated charcoal for gastrointestinal decontamination following acute oral overdose. *Clinical toxicology*, 59(12), 1196-1227. <https://doi.org/10.1080/15563650.2021.1961144>
- Institute of Laboratory Animal Resources (US), & Committee on Care, & Use of Laboratory Animals. (1986). *Guide for the care and use of laboratory animals* (No. 86). US Department of Health and Human Services, Public Health Service, National Institutes of Health. [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=ZeagiU\\_69\\_QC&oi=fnd&pg=PA1&dq=Guide+for+the+Care+and+Use+of+Laboratory+Animals&ots=olrFvKoV3y&sig=ilK26xOtz74XIY5NjA18DDHFZ7c#v=onepage&q=Guide%20for%20the%20Care%20and%20Use%20of%20Laboratory%20Animals&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=ZeagiU_69_QC&oi=fnd&pg=PA1&dq=Guide+for+the+Care+and+Use+of+Laboratory+Animals&ots=olrFvKoV3y&sig=ilK26xOtz74XIY5NjA18DDHFZ7c#v=onepage&q=Guide%20for%20the%20Care%20and%20Use%20of%20Laboratory%20Animals&f=false)
- Itriago, M., & Calderón, L. (2022). Tratamiento exitoso de acné severo con modificación del pH cutáneo y alimentación saludable. a propósito de un caso. *Revista GICOS*, 7(1), 154–166. <https://doi.org/10.53766/gicos/2022.07.01.11>
- Kang, J. H., Yoo, K. H., Park, H. Y., Hyun, S. M., Han, S. D., Kim, D. W., & Park, C. W. (2021). Preparation and in vivo evaluation of a lidocaine self-nanoemulsifying ointment with glycerol monostearate for local delivery. *Pharmaceutics*, 13(9), 1468. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics13091468>
- Lahare, S. H., Lahare, K. H., Lonsane, J. R., Girbane, Y., & Chouthe, E. (2024). Formulation and evaluation of herbal ointment containing Neem and Turmeric extract. [https://wjpr.s3.ap-south-1.amazonaws.com/article\\_issue/cb9f93adaa01aa3b73fcef1978bc902c.pdf](https://wjpr.s3.ap-south-1.amazonaws.com/article_issue/cb9f93adaa01aa3b73fcef1978bc902c.pdf)
- Lara Rojas, D. A. (2022). Elaboración y control de calidad de una formula oficial semisólida de urea usada para el tratamiento de xerosis. <http://dspace.espoeh.edu.ec/bitstream/123456789/17377/1/56T01081.pdf>

- Lee, K. H., Lee, D. W., & Kang, B. C. (2020). The 'R'principles in laboratory animal experiments. *Laboratory Animal Research*, 36, 1-3.  
<https://link.springer.com/article/10.1186/S42826-020-00078-6>
- Lim, B., Azmi, F. y Ng, S. (2024). Microesferas LL37 cargadas en hidrogel de quitosano y carbón activado: apósito antibacteriano y antitoxina para infecciones crónicas de heridas. *AAPS PharmSciTech*, 25 5, 110.  
<https://doi.org/10.1208/s12249-024-02826-6>.
- Lubis, M. F., Kaban, V. E., Aritonang, J. O., Satria, D., Mulina, A. A., & Febriani, H. (2022). Acute toxicity and antifungal activity of the ointment *Murraya koenigii* ethanol extract. *Rasayan J. Chem*, 15(1), 256-261.  
[https://www.rasayanjournal.co.in/admin/php/upload/3461\\_pdf.pdf](https://www.rasayanjournal.co.in/admin/php/upload/3461_pdf.pdf)
- Martín, S. M. (2019). *Actividad cicatrizante in vivo del polvo carbonizado de Punica granatum Linn y Eichhornia crassipes*. La Habana, Cuba.  
[http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0138-65572019000200005&script=sci\\_arttext](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0138-65572019000200005&script=sci_arttext)
- Martínez, A. T. P., Ortíz, C. C. C., Galvez, J. Q., Forte, A. N. B., García, A. M., & Laffitte, O. V. C. (2024). Nuevo procedimiento de clarificación de extractos de *Stevia rebaudiana* Bertoni (Estevia) ricos en estevioglucósidos. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 27(4).  
<https://revplantasmedicinales.sld.cu/index.php/pla/article/view/1366/511>
- Melo Zambrano, A., & Moncada Rodríguez, P. (2016). Propuesta documental para la ejecución de pruebas de calidad con miras a establecer estabilidad cosmética.  
<https://core.ac.uk/download/pdf/326430037.pdf>
- Mosić, M., Dramićanin, A., Ristivojević, P., & Milojković-Opsenica, D. (2020). Extraction as a critical step in phytochemical analysis. *Journal of AOAC International*, 103(2), 365-372. <https://doi.org/10.5740/jaoacint.19-0251>
- Nashier, P., Berwar, K., Kaushik, D., & Bhushan, B. (2022). A CONCISE REVIEW ON DESIGNING OF DOSAGE FORMS. [https://wjpr.s3.ap-south-1.amazonaws.com/article\\_issue/6adfa3f1a8998e1eeef7469622d7e096.pdf](https://wjpr.s3.ap-south-1.amazonaws.com/article_issue/6adfa3f1a8998e1eeef7469622d7e096.pdf)
- Navarrete, C. (2021). *Estudio comparativo de las propiedades físicas y químicas del carbón activo (C.A), activado por diversos métodos de funcionalización, proveniente del residuo de Solanum tuberosum* [Tesis de grado, Escuela

Superior Politécnica de Chimborazo]. Repositorio ESPOCH.

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/14964>

Negrete, J. V., Pucho, V. M., Hinojosa, M. E., Teran, J. T., & Soliz, J. O. (2022).

Actividad cicatrizante de geles con extractos vegetales versus el cicatricure gel en heridas de conejos. *Revista de Investigación e Información en Salud*, 17(43), 35-46.

Ochoa, A., Hechavarría, P., Sarmientos, R., & Quintana, K. (2009). ESTUDIO

TECNOLÓGICO PRELIMINAR DE UN UNGÜENTO DE LA ESPECIE *Petiveria alliacea* L. *Revista Cubana de Química*, XXI(2).

Okoli, I. C. (2020). Activated Charcoal 1: Historical Overview, Current, and Future Uses.

<https://researchtropica.com/activated-charcoal-1-historical-overview-current-and-future-uses/>

Omale, J. (2018). Activated Charcoal Promotes Surgical Wound Healing Effects of *Musa sapientum* and Citrus Limon Peel Gel in *Rattus norvegicus*.

In *Conference Proceedings Theme: "Science, Technology and Innovation: Vehicles for a Knowledge Based Economy"* (p. 76).

[https://www.researchgate.net/profile/Kit-Fai-Pun-](https://www.researchgate.net/profile/Kit-Fai-Pun-2/publication/377211152)

[2/publication/377211152](https://www.researchgate.net/profile/Kit-Fai-Pun-2/publication/377211152) Proceedings of the 21st CAS Conference of on ' Science Technology and Innovation -

[Vehicles for a Knowledge Based Economy' CAS21-](https://www.researchgate.net/profile/Kit-Fai-Pun-2/publication/377211152)

[2018 Edited by Pun KF and Lancashire R/links/659a93896f6e450f19d31cd](https://www.researchgate.net/profile/Kit-Fai-Pun-2/publication/377211152)

[3/Proceedings-of-the-21st-CAS-Conference-of-on-Science-Technology-and-](https://www.researchgate.net/profile/Kit-Fai-Pun-2/publication/377211152)

[Innovation-Vehicles-for-a-Knowledge-Based-Economy-CAS21-2018-Edited-by-](https://www.researchgate.net/profile/Kit-Fai-Pun-2/publication/377211152)

[Pun-KF-and-Lancashire-R.pdf#page=107](https://www.researchgate.net/profile/Kit-Fai-Pun-2/publication/377211152)

Orlandi, M. C. (2004). Dermatología cosmética. *Folia Dermatológica Peruana*, 15(2)

Pabón-Varela, Y., & González Julio, L. K. (2017). Formas farmacéuticas.

<https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/8399ea97-2c17-4836-a879-15602a1ebc21/content>

Pérez Aguedo, D., Fornaris Pérez, Y. A., & Pérez Aguedo, D. (2024). La medicina

natural y tradicional como complemento de la terapia antimicrobiana. *Revista Cubana de Medicina Militar*, 53(2).

[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0138-65572024000200039&lng=es&tlng=pt](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0138-65572024000200039&lng=es&tlng=pt).

- Quazi, A., Patwekar, M., Patwekar, F., Mezni, A., Ahmad, I., & Islam, F. (2022). Evaluation of Wound Healing Activity (Excision Wound Model) of Ointment Prepared from Infusion Extract of Polyherbal Tea Bag Formulation in Diabetes-Induced Rats. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2022(1), 1372199. <https://doi.org/10.1155/2022/1372199>
- Rodríguez-Suárez, L. J., & Campos-Guzmán, N. R. (2021). Costos de los tratamientos en úlceras venosas: revisión de literatura 2015-2020. *Revista mexicana de angiología*, 49(4), 123-132.
- Ruiz, M. A., de Souza Miola, L., Hori, G. M. R., & Catelan, A. (2021). Whitening effect of brushing with activated charcoal-based products on enamel: Integrative review. *Research, Society and Development*, 10(15), e259101522809-e259101522809. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i15.22809>
- Sadat, Z., Farrokhi-Hajjabad, F., Lalebeigi, F., Naderi, N., Gorab, M., Cohan, R., Eivazzadeh-Keihan, R. y Maleki, A. (2022). Una revisión exhaustiva de las aplicaciones de las nanoestructuras basadas en carbono en la cicatrización de heridas: desde los aspectos antibacterianos hasta la estimulación del crecimiento celular. *Ciencia de los biomateriales*. <https://doi.org/10.1039/d2bm01308h>
- Sandhiutami, N. M. D., Fahleni, F., Miftahurrohmah, N., Widhiyasari, N. K. A., Azalia, A., & Amalia, I. (2023). Enhanced wound healing effect of Areca catechu L. ointment via antibacterial activity and anti-inflammatory process at grade IIA burns in rats. *Journal of Herbmед Pharmacology*, 12(3), 388-398. [10.34172/jhp.2023.42](https://doi.org/10.34172/jhp.2023.42)
- Santos, A. M., Hurtado, J. C. R., Enrique, S., & Villaseñor, F. (2021). Carbón activado: generalidades y aplicaciones. *Consejo Ejecutivo*, 88. [https://www.researchgate.net/profile/Jose-Soto-Balderas/publication/359497289\\_Tres\\_escenarios\\_posibles\\_de\\_la\\_pandemia\\_de\\_COVID-19\\_en\\_el\\_estado\\_de\\_Coahuila\\_Mexico\\_2020-21/links/6248bb5621077329f2ed57fa/Tres-escenarios-posibles-de-la-pandemia-de-COVID-19-en-el-estado-de-Coahuila-Mexico-2020-21.pdf#page=88](https://www.researchgate.net/profile/Jose-Soto-Balderas/publication/359497289_Tres_escenarios_posibles_de_la_pandemia_de_COVID-19_en_el_estado_de_Coahuila_Mexico_2020-21/links/6248bb5621077329f2ed57fa/Tres-escenarios-posibles-de-la-pandemia-de-COVID-19-en-el-estado-de-Coahuila-Mexico-2020-21.pdf#page=88)

- Sanz-Moreno, A., da Silva-Buttkus, P., Terwee, C. B., Raess, M., Fuchs, H., Gailus-Durner, V., & de Angelis, M. H. (2024). Assessment of quality of life and wellbeing in mouse preclinical research—A scoping review. *Neuroscience Applied*, 104058. <https://doi.org/10.1016/j.nsa.2024.104058>
- Signorelli, I. (2005). Elaboración de una crema para uso tópico a base de *Urtica dioica* L. *Revista de la Facultad de Farmacia*, 47, 26-31.
- Skov, K., Graudal, N. A., & Jürgens, G. (2021). The effect of activated charcoal on drug exposure following intravenous administration: A meta-analysis. *Basic & Clinical Pharmacology & Toxicology*, 128(4), 568-578. <https://doi.org/10.1111/bcpt.13553>
- Snezhkova, E., Redl, H., Grillari, J., & Osuchowski, M. (2023). Activated carbon for sepsis prevention and intervention: A modern way of utilizing old therapies. *C*, 9(3), 72. <https://doi.org/10.3390/c9030072>
- Sodré, S. L. S., Nogueira, G. D. A., Abreu, A. M. D., Marta, C. B., Peregrino, A. A. D. F., & Silva, R. C. L. D. (2023). Análisis costo-efectividad del tratamiento con terapia compresiva en la cicatrización de úlceras venosas. *Revista Latino-Americana de Enfermagem*, 31, e3839.
- Sultana, M., Rownok, M. H., Sabrin, M., Rahaman, M. H., & Alam, S. N. (2022). A review on experimental chemically modified activated carbon to enhance dye and heavy metals adsorption. *Cleaner engineering and technology*, 6, 100382. <https://doi.org/10.1016/j.clet.2021.100382>
- Tibaldi Bollati, M. L., Rodríguez Ristau, E., Recio Basells, A., Contessi, Y. S., Condat, F., Nicotra, V. E., Casero, C. N., & García, M. E. (2023). *Productos naturales en la búsqueda de compuestos antimicrobianos: Estrategias actuales*. **Bitácoradigital**, Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Químicas. ISSN 2344-9144.
- Tiwari, R., & Pathak, K. (2023). Local drug delivery strategies towards wound healing. *Pharmaceutics*, 15(2), 634. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics15020634>
- Ulate, D. P. (2022). Fisiopatología de la cicatrización patológica. *Revista Medica Sinergia*, 2-3. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8859968>

- United States Pharmacopeial Convention. (2007). *USP 30-NF 25: United States Pharmacopeia 30 and National Formulary 25*. Vol. 1. United States Pharmacopeial Convention.
- Velavan, S. (2015). Phytochemical techniques-a review. *World Journal of Science and Research*, 1(2), 80-91.  
<https://harmanpublications.com/images/issues/PHYTOCHEMICALS-Journal-ok.pdf>
- Wang, B., Lan, J., Bo, C., Gong, B., & Ou, J. (2023). Adsorption of heavy metal onto biomass-derived activated carbon. *RSC advances*, 13(7), 4275-4302.
- Willmann, R., Lee, J., Turner, C., Nagaraju, K., Aartsma-Rus, A., Wells, D. J., ... & De Luca, A. (2020). Improving translatability of preclinical studies for neuromuscular disorders: lessons from the TREAT-NMD Advisory Committee for Therapeutics (TACT). *Disease Models & Mechanisms*, 13(2), dmm042903.  
<https://doi.org/10.1242/dmm.042903>
- Yoon, J. H., Cho, K., Garrett, T. J., Finch, P., & Maden, M. (2020). Comparative proteomic analysis in scar-free skin regeneration in *Acomys cahirinus* and scarring *Mus musculus*. *Scientific reports*, 10(1), 166.  
<https://www.nature.com/articles/s41598-019-56823-y>
- Zea Zegarra, N. F. (2021). Estudio comparativo sobre el grado de conocimiento de pastas dentales a base de carbón activado entre estudiantes de cuarto y quinto año de la Facultad de Odontología, UCSM, Perú-Arequipa 2021.  
<https://hdl.handle.net/20.500.12867/6435>

## ANEXOS

### Anexo 1. Materiales y pesaje



Ilustración 3 Pesaje del carbón activado.



Ilustración 2 Materiales.



Ilustración 5 Pesado de metilparabeno.

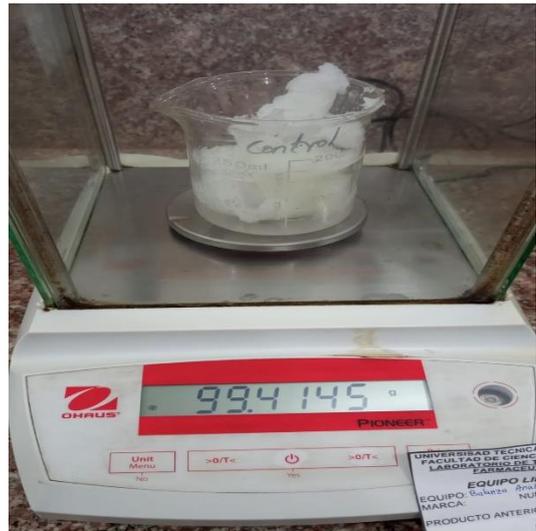


Ilustración 4 Pesaje de Petrolato Blanco.

## Anexo 2. Elaboración de los ungüentos y muestra control



Ilustración 8 Preparación de Ungüentos.



Ilustración 7 Ungüentos.

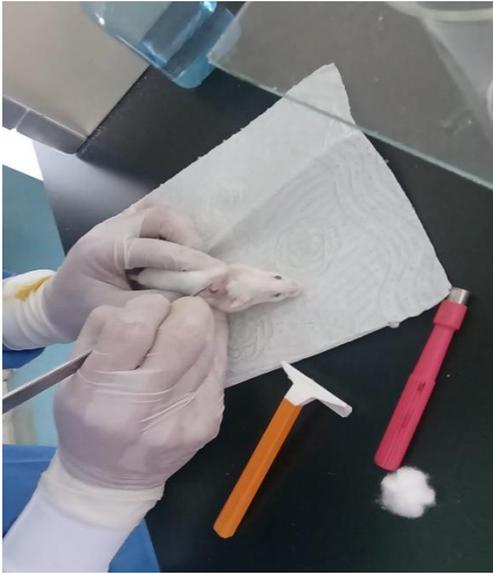


Ilustración 9 Ensayo de pH al Ungüento.

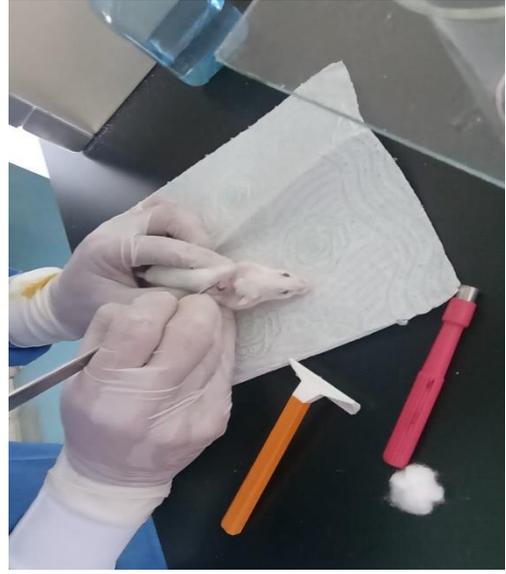


Ilustración 6 Ensayo de Extensibilidad al Ungüento.

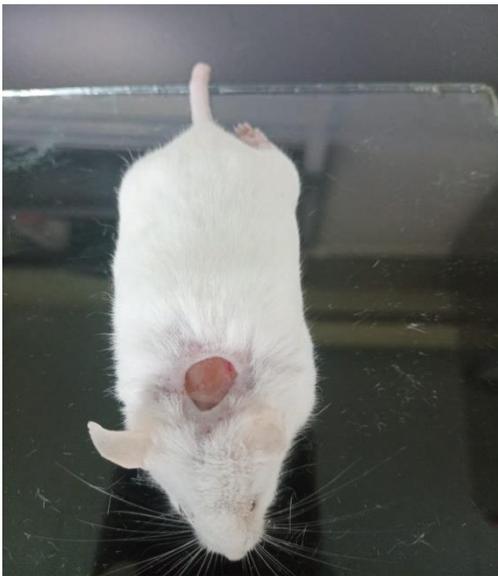
### Anexo 3. Procedimiento de experimentación animal



*Ilustración 10. Proceso de Rasurado.*



*Ilustración 11. Elaboración de Herida.*



*Ilustración 12. Herida en el organismo modelo.*



*Ilustración 13. Ratón *Mus musculus*.*

#### Anexo 4. Aplicación de ungüento y progreso de la cicatrización



*Ilustración 15. Aplicación de Ungüento.*



*Ilustración 14. Medición de Herida.*



*Ilustración 16. Separación de Organismos Modelos.*