

UNIVERSIDAD PANAMERICANA

Facultad de Ciencias de la Salud

Escuela de Enfermería



“CARACTERÍSTICAS DIFERENCIALES Y ESTRUCTURALES DE LOS APÓSITOS DERIVADOS DE ALGINATO, HIDROFIBRA, POLIURETANO, EMPLEADOS EN EL MANEJO AVANZADO DE HERIDAS”

TESINA

QUE PRESENTA

CRISTINA LÓPEZ ROSALES

PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN TERAPIA DE HERIDAS, ESTOMAS Y QUEMADURAS

DIRECTOR:

M en C. Rosa María Salgado Curiel

ÍNDICE

1. RESUMEN.....	1
2. ABSTRACT.....	3
3. INTRODUCCIÓN.....	4
4. ANTECEDENTES.....	5
4.1 ALGINATO.....	6
4.2 POLIURETANO.....	8
4.3 CARBOXIMETILCELULOSA SÓDICA (Na CMC).....	10
5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
6. JUSTIFICACIÓN.....	15
7. OBJETIVO GENERAL.....	16
8. METODOLOGÍA.....	17
8.1 Descripción de cada material:.....	18
8.1.1 Apósito de carboximetilcelulosa sódica con plata (Aquacel Ag+Extra).....	18
8.1.2 Apósito de fibras de alginato (Askina Calgitrol).....	18
8.1.3 Apósito de fibras de alginato de calcio (Kendall).....	19
8.1.4 Apósito de fibras de alginato de calcio y sodio (Algisite Ag).....	19
8.1.5 Apósito de poliuretano (Mepilex Ag).....	20
8.1.6 Apósito de poliuretano (Exufiber Ag).....	20
8.1.7 Apósito de poliuretano (Endovellico Antimicrobiano).....	21
8.1.8 Apósito de poliuretano (Acticoat).....	21
8.1.9 Apósito de poliuretano (Allevyn).....	22
8.2 Estructura del apósito en seco.....	22
.....	23

8.3 Estructura del apósito saturado con Suero de Bovino Fetal	23
8.4 Estructura del apósito teñido con H&E.....	24
9. RESULTADOS	25
a. Caracterización de la estructura del apósito en seco	25
b. Caracterización de la estructura del apósito embebido con suero de bovino fetal.....	26
c. Caracterización de la estructura del apósito teñido con H&E.....	28
10. DISCUSIÓN	30
11. CONCLUSIÓN	33
12. CARTEL DE INVESTIGACIÓN	34
13. REFERENCIAS.....	35

1. RESUMEN

Antecedentes: La adecuada cicatrización de una herida depende actualmente del uso adecuado de un apósito. Los apósitos o cubiertas cutáneas son materiales que pueden ser ya sea sintéticos y/o biológicos, por lo que deben tener propiedades y características estructurales específicas, y con ello ser capaces de imitar algunas funciones de la piel como es el mantener un microambiente húmedo para acelerar el cierre de la herida.

Objetivo: Analizar y describir las características estructurales de algunos apósitos derivados de poliuretano, hidrofibra de celulosa y alginato. **Métodos:** En este estudio se evaluó 9 apósitos donde se incluyeron, Allevyn, Askina Calgitrol Ag, Alginato de Ca,

Exufiber Ag, Acticoat, Mepilex Ag, Endovélico, Aquacel Ag+Extra y Algisite; de cada uno se obtuvieron 3 fracciones de 1 cm², la primera fracción se observó y analizó su estructura en el microscopio estereoscópico en corte transversal y longitudinal de ambas caras. La segunda fracción, fue embebida con 1 ml de suero bovino fetal (SBF) simulando la interacción con el suero de las heridas exudativas y la última porción fue teñida con técnica de H&E para observar las estructuras de los compuestos. **Resultados:**

Experimentalmente se observó que los apósitos tienen diversas estructuras características, para el caso de los alginatos, éstos se encuentran conformados de fibras delgadas o gruesas generando un entramado laxo como el Algisite Ag o una conformación más compacta como el Calgitrol. Los apósitos a base de poliuretano se observaron estructuras porosas de diversos tamaños y la hidrofibra tuvo características fibrilares similares al de alginatos. Cuando los apósitos se embebieron en SBF se observó fibras de alginato compactas formando un gel, en cambio los poliuretanos por la estructura de espuma atraparon las proteínas del suero y finalmente al teñirlos con H&E se observó diferencia en color debido a la carga electrostática de los materiales, la hematoxilina tiene afinidad por estructuras ácidas y la eosina por complejos básicos así, las fibras de alginato tomaron una coloración morada en comparación de los poliuretanos que se tiñeron de rosa. **Conclusión:** La diversidad en la estructura de los materiales de los apósitos aporta las características de absorción, retención, gelificación además al

contener o no un microbicida ayudan a acelerar el cierre de la herida. Con base en estas características estructurales se tiene al alcance una variedad de cubiertas cutáneas que son utilizadas en el cuidado avanzado de heridas.

2. ABSTRACT

Background: The proper healing of wounds currently depends on the appropriate use of a dressing. Dressings or cutaneous coverages are materials that can be either synthetic and/or biological, so they must have specific properties and structural characteristics, allowing them to mimic certain functions of the skin, such as maintaining a moist microenvironment to accelerate wound closure. **Objective:** To analyze and describe the structural characteristics of some dressings made of polyurethane, cellulose hydrofiber, and alginate. **Methods:** In this study, nine dressings were evaluated, including Allevyn, Askina Calgitrol Ag, Calcium Alginate, Exufiber Ag, Acticoat, Mepilex Ag, Endovelico, Aquacel Ag+Extra, and Algisite. Three samples of 1cm² were obtained from each dressing. The first fraction was observed, and its structure was analyzed under a stereoscopic microscope in cross-sectional and longitudinal cuts of both faces. The second fraction was embedded with 1 ml of fetal bovine serum (FBS), simulating the interaction with exudative wound serum. The last portion was stained using H&E technique to observe the compound structures. **Results:** Experimentally, it was observed that dressings have diverse characteristic structures. For alginates, they are composed of thin or thick fibers, forming a loose mesh like Algisite Ag or a more compact formation like Calgitrol. Polyurethane-based dressings exhibited porous structures of various sizes, while hydrofiber exhibited similar characteristics to alginates. When dressings were immersed in fetal bovine serum, compact alginate fibers formed a gel, while polyurethanes, due to their foam structure, trapped serum proteins. When stained with H&E, a color difference was observed due to the electrostatic charge of the materials. Hematoxylin has an affinity for acidic structures, and eosin for basic complexes. Thus, alginate fibers took on a purple hue compared to polyurethanes, which stained pink. **Conclusion:** The diversity in the structure of dressing materials contributes to absorption, retention, gelation, and the presence or lack of a microbicide agent, aids in accelerating wound closure. Based on these structural characteristics, a variety of cutaneous coverages are available for advanced wound care.

3. INTRODUCCIÓN

En el tratamiento de las heridas ya sean agudas o crónicas es indispensable el uso de materiales como apósitos que pueden ser de origen sintético o biológico, los primeros son principalmente obtenidos de manera artificial para obtener propiedades específicas y químicas utilizando diferentes técnicas de fabricación ya que son derivados de polímeros como los poliuretanos, poliacrilato, poliésteres, policarbonatos, poliamidas, polietileno, polivinil alcohol (PVA), silicona, o resinas los cuales aportan principalmente humedad a la herida, previenen o tratan una infección al contener o no un agente antimicrobiano, además de acelerar el proceso de cicatrización, por otra parte estos materiales tienen grandes desafíos ya que muestran menor actividad biocompatible o de bioactividad en comparación de los apósitos naturales ^{1,2}.

En relación a los apósitos biológicos o naturales, estos son derivados de matrices extracelulares como la colágena o epitelios acelulares asimismo de plantas o incluso bacterias, algunos ejemplos de ellos son los alginatos, ácido poliláctico, seda nativa, almidón, celulosa, quitosano, y el hialuronato que además de generar un microambiente adecuado en su mayoría liberan factores de crecimiento y/o citocinas que aceleran el cierre de una herida, también son capaces de imitar la matriz extracelular y ser biocompatibles al no producir reacciones inmunitarias como ocurre con los polímeros sintéticos ^{1,2,3,8}.

Con base a lo anterior el contenido de este estudio se inspiró en observar, comparar y describir las diferentes características estructurales de ciertos apósitos compuestos de alginato, poliuretano y de carboximetilcelulosa, en tres escenarios distintos, lo que resulta fundamental para que se pueda aportar información que permita tomar decisiones acerca de que apósito es adecuado a emplear en las fases de cicatrización para el cierre de una herida.

4. ANTECEDENTES

Una herida según Boateng J. se define como una alteración dada como producto de una “ruptura simple o severa de la estructura de un órgano como la piel y puede extenderse a otros tejidos y estructuras como tejido subcutáneo, músculo, tendones, nervios, vasos o huesos” Boateng J. 2015 ⁴, sin embargo, existen heridas agudas y crónicas que se diferencian de acuerdo a su temporalidad.

Su manejo tradicional para curarlas ha sido con miel, plantas, o tejidos de algodón que desde hace tiempo se han utilizado y que hoy en día aún se siguen utilizando a lo largo de la historia desde la denominada “Cura Húmeda”(Winters 1962) ⁵ estos apósitos se basan en cuatro funciones básicas, que son el manejo del tejido (limpieza o desbridamiento), prevención y/o control de infecciones, balance de humedad y formación de tejido nuevo que contribuya al cierre de una herida en menor tiempo ¹.

Por otro lado, la utilización de nuevos materiales (biomateriales) en combinación con matrices acelulares, suspensión celular y/o diversas proteínas del tejido tegumentario como la colágena, elastina y el ácido hialurónico tienen la función de imitar la matriz extracelular, promover la migración y proliferación celular además de ser reservorio de citocinas y factores de crecimiento que participan en la repitelización y se han utilizado para el manejo avanzado de heridas agudas y crónicas. Así, un biomaterial es cualquier sustancia (diversa a un medicamento) o combinación de sustancias biocompatibles ya sea naturales o sintéticas, que interactúan con sistemas biológicos en un cierto tiempo, con el objetivo de sustituir un tejido, un órgano o alguna función del ser humano como ya se mencionó anteriormente ².

Dentro de la diversidad de materiales se tienen los sintéticos obtenidos como su palabra lo dice, de manera artificial para obtener propiedades físicas y químicas necesarias para su función ³; y los naturales que son macromoléculas biológicas originadas por organismos vivos, plantas o incluso bacterias y al mismo tiempo son biocompatibles con el tejido ¹¹; entre los sintetizados encontramos el **poliuretano**, poliacrilato, poliésteres,

policarbonatos, poliamidas, polietileno, polivinil alcohol (PVA), silicona y resinas. Sobre los naturales derivados de matrices extracelulares como la colágena o epitelios acelulares asimismo de plantas o incluso bacterias encontramos la **carboximetilcelulosa**, ácido poliláctico, seda nativa, almidón, celulosa, quitosano, **alginato** y el hialuronato, ² que son materiales que no solo se emplean en industrias farmacéuticas sino también en textiles o alimentarias ¹².

4.1 ALGINATO

Los apósitos de alginato son polisacáridos naturales extraídos de fibras de varias especies de algas marinas pardas de color café y rojas llamadas Phaeophyceae, *Ascophyllum nodosum*, *Laminaria hyperborea*, *Laminaria japonica*, *Macrocystis pyrifera* y *Laminaria digitata* ¹² que son procesadas para obtener compuestos químicos y así obtener una estructura química de copolímeros lineales de unidades de ácido β-D-manurónico y el ácido α-L-gulurónico, unidos por enlaces glucosídicos (1-4) (Figura.1), agrupados en tres tipos de segmentos: D-manurónico (M), L-gulurónico (G) y un tercer segmento de diadas con ambos ácidos alternados (MM, GG, MG,) con sales de calcio y sodio ². Además, también pueden ser empleados de manera natural o mejor aún procesados para aprovecharse en otras industrias como textiles, alimentarias, de tejidos, farmacéutica, en materiales de construcción o para toma de impresiones en la clínica dental ¹¹.

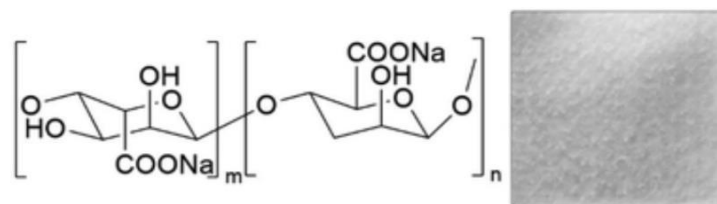


Figura 1. Apósito de Alginato y estructura química. Tomada de ⁽¹³⁾.

Las propiedades de los alginatos son:

- Bioactivos ya que mantienen una humedad fisiológica en la herida y permiten la oxigenación ¹.
- Con el exudado, se realiza un intercambio iónico, entre el sodio de la herida y el calcio del apósito, por lo tanto, el apósito se hincha creando un gel coloidal ¹².
- Absorbe de 20 a 30 veces su peso.
- Algunos son hemostáticos. ¹³.
- Es eliminado fácilmente sin dañar el tejido nuevo de la herida.
- Algunos con agente antimicrobiano como plata iónica, sulfato de plata o plata nanocristalina para eliminar un amplio espectro de bacterias.
- Biocompatible ¹².
- Biodegradable.
- Capacidad quelante.
- Absorben proteinasas.
- Reducen el dolor.
- Hidrofilico ¹⁴.

El alginato se puede encontrar solo o combinado con otros biomateriales como el poliuretano o con algún antiséptico, es un material económico y por lo general estos apósitos están indicados en el manejo del exudado moderado o abundante por su capacidad de absorción y retención que gracias al componente de calcio dentro del apósito ayuda como agente hemostático en heridas sangrantes por lo que no es ideal utilizarlo en heridas secas o con escaso exudado ¹.

En el campo del cuidado de heridas, los alginatos se encuentran en apósitos laminados con una o dos capas de fibras, las dimensiones de las láminas varían entre el tamaño de

la herida en la que queremos utilizarlo, también se pueden encontrar en presentación de gel, o en mechas, justo dependiendo de las características y tamaño de la misma.

4.2 POLIURETANO

Denominado por primera vez en 1937, Otto Bayer ² definió al poliuretano como un material mezclado por un proceso llamado polimerización entre un poliol o polialcohol y un diisocianato que son también llamados segmentos blandos y un poliol como segmentos duros ³, creando un copolímero.

Este material fue utilizado en la segunda guerra mundial, como adhesivo, espuma, y fibras para equipos y armas militares ². Y es a partir de los años 50 que el poliuretano comenzó a producirse y comercializarse en una variedad de industrias, entre ellas, automotriz, calzado, construcción, vestido, pinturas, resinas, e incluso biomédicas como tubos de alimentación o de drenaje, catéteres, corazones artificiales, guantes hipoalergénicos, sistemas de diálisis y apósitos para el manejo avanzado en heridas, entre otros ^{1,7,20}. Para la preparación de apósitos se ha utilizado el poliuretano comercial (Figura. 2) y en los que implica la síntesis de poliuretano para otro tipo de estructura, el isocianato más utilizado es el diisocianato de 1,6-hexametileno (HDI), seguido de diisocianatos basados en Lisina (LTI): de la misma forma los polioles utilizados para la fabricación de poliuretanos son polietilenglicol (PEG) y la policaprolactona (PCL) ²⁰.

Existen diversos tipos de (monómeros) como los polioles y de diisocianatos, por tal motivo dependiendo del tipo de técnica de síntesis o combinación habrá diferentes tipos de poliuretano con propiedades similares pero quizá con distinta estructura para la formación de apósitos para heridas, a su vez considerando las características de ellas, los apósitos generados con los tipos de poliuretano son centrados en películas, andamios, espumas, nanofibras, membranas porosas, apósitos a base de agua y andamios inyectables ¹⁷.

hechos éstos apósitos se pueda tomar una decisión para una adecuada elección del material en base a la fase de cicatrización en la que se encuentre la herida y lograr acelerar el proceso de cicatrización²⁰.

Para el cuidado de las heridas, los poliuretanos se encuentran en apósitos de presentación laminada, en películas, espumas, hidrogeles o fibras que forman mallas no tejidas de diversos tamaños debido a facilidad que tiene de unirse a otros sistemas poliméricos⁸.

4.3 CARBOXIMETILCELULOSA SÓDICA (Na CMC)

CELULOSA

La celulosa es un polímero compuesto por unidades D-glucosa unidos por enlaces B-1-4 glucosídicos, también es un biopolímero renovable más abundante en la naturaleza ya que es obtenida por varias especies vivas como plantas, animales, bacterias y algunos hongos.^{1,3} En base a esto la celulosa de origen bacteriano es la que más se utiliza para aplicaciones biomédicas debido a su alta pureza química, biocompatibilidad, no es tóxica, tiene alta capacidad de retención de agua es por ello que la celulosa y sus derivados son favorables como biomateriales para la creación de andamios en ingeniería de tejidos¹².

En el cuidado de heridas es muy común encontrar fibras de celulosa en su forma más natural como la gasa de algodón, sin embargo, el algodón es un material versátil que carece de una absorbencia significativa y sobre todo la deficiencia de retener líquidos y esto debido a que los espacios entre los tejidos de algodón que se comprimen fácilmente y a nivel molecular las fibras de celulosa son firmemente unidas, en consecuencia son impermeables a la humedad¹⁶.

Es por ello que la tecnología Hydrofibra aporta cambios en la estructura macroscópica de las fibras porque se introduce un número de carboximetilo de sodio (CMC) en la

estructura de las fibras preformadas de algodón, lo que permite preservar la característica de resistencia de la celulosa y a la vez que, los grupos de carboximetilo permiten que los fluidos penetren rápido y se logre expandir entre las fibras. ¹⁷.

La carboximetilcelulosa es el éter derivado de la celulosa (Figura. 3) y fue el alemán Jansen E. quien se encargó de patentarla en 1921 ²². Para poder obtener este compuesto, la CMC debe pasar por un proceso de adición del carboximetil de sodio (CH_2COONa) a la celulosa, para que así pueda ser un producto soluble al agua y se pueda formar álcali-celulosa, luego mediante otro proceso el álcali celuloso va reaccionar con el ácido cloroacético en un medio acuoso a alcohólico para que se pueda producir la reacción y obtener carboximetilcelulosa ^{9,10}.

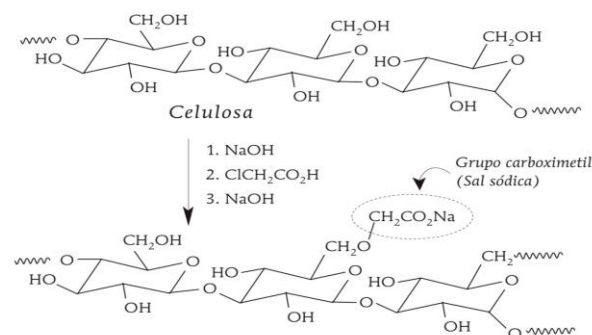


Figura.3 Síntesis de Carboximetilcelulosa. Tomada de ⁽²²⁾.

A partir del año 1920 la CMC comenzó a comercializarse en Alemania y por la relevancia en cuanto a sus propiedades es que se le puede dar muchas aplicaciones dependiendo el porcentaje de pureza, se utiliza en diversas industrias como construcción, detergentes, papelería, agricultura, adhesivos, cosméticos, pinturas, plásticos, cerámica, textil, farmacéutica, alimentaria como estabilizante de emulsiones de productos lácteos como helados, cremas, natas; e incluso en ingeniería de tejidos (apósitos para heridas) ⁹.

Dentro de las propiedades de la CMC SON:

- Estabilizante de emulsiones y soluciones.
- Absorbente.
- Retiene líquidos ¹⁸.
- Viscoelástica ¹⁸.
- Cristalinidad.
- Hidrofilica ¹⁶.
- Se hincha formando un gel.
- Espesa.
- Resistencia a los ácidos.
- Insoluble ²¹.
- Facilita la solubilidad de las proteínas ²¹.
- Conserva su estructura física sin alguna fuerza mecánica como la presión o cizalla, pero si existe este tipo de fuerzas el gel y el hinchamiento se adelgaza y se deforma fácilmente, por otro lado, cuando está en reposo vuelve a su tamaño ¹⁶.
- Controla en flujo de fluidos mediante su gel en bloque.
- Es un quelante ²¹.
- En combinación con agente antimicrobiano como plata iónica, sulfato de plata o plata nanocristalina para eliminar un amplio espectro de bacterias ¹⁷.
- Es eliminado fácilmente sin dañar el tejido nuevo de la herida.
- No se adhiere al lecho de la herida.

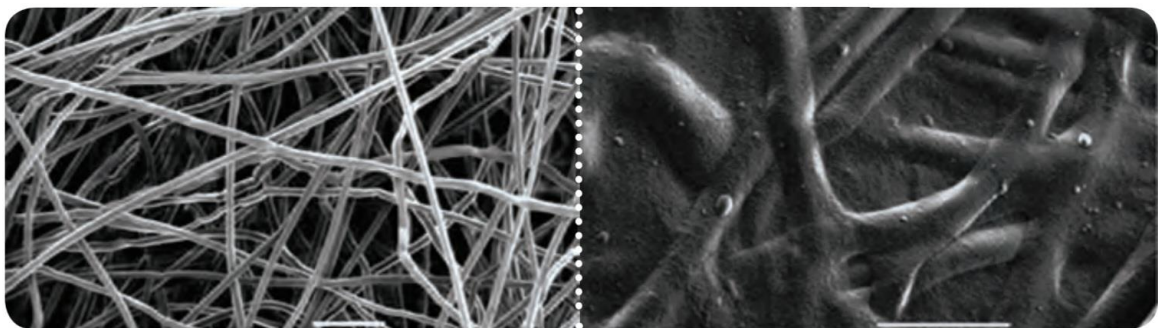


Figura 4. Fotografías Electrónicas de Barrido de apósito con Tecnología Hidrofibra. Izquierda: Seco; Derecha: Hidratado. Tomada de ⁽¹⁶⁾.

La hidrofibra en apósitos se puede encontrar solos o combinados con otros biomateriales como el poliuretano con el objetivo de mantener el exudado atrapado entre las fibras (Figura 4), asimismo también puede estar combinado con algún agente antiséptico manteniendo la humedad en la herida para favorecer el proceso de cicatrización, por tal motivo es ideal para heridas con exudado moderado o abundante pero no en las que tienen escaso exudado o lesiones secas.

Dentro del catálogo de productos para el cuidado de las heridas, la carboximetilcelulosa sódica se encuentra en apósitos de almohadillas o láminas flexibles, suaves y adaptables en su aplicación a la forma de la herida, a medida que los apósitos absorben el exudado se produce un ligero aumento del espesor provocado por la hinchazón y la coalescencia de las fibras que como consecuencia forma un gel cohesivo que puede ser andamiaje para la producción de plaquetas y eritrocitos ¹⁶.

5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Debido a la gran variedad de materiales disponibles para el tratamiento de heridas agudas y/o crónicas, se hace indispensable el conocer las características de cada uno de estos materiales para el mejor uso y beneficio de los mismos. Por lo que el diseño del estudio es conocer cómo es la estructura de la hidrofibra, alginato y poliuretano y qué cambios sufren al estar en contacto con suero o colorantes específicos de acidez o basicidad.

6. JUSTIFICACIÓN

La piel es el órgano más grande del ser humano, además de eso tiene funciones vitales; no obstante, cuando se genera una herida esta debe cubrirse con algún material. Hoy en día existen nuevas estrategias tecnológicas que ayudan a favorecer la epitelización en menor tiempo y/o con mejor calidad, todo esto depende de las características del material de lo que están derivados. En esta gran importancia estriba el interés que se tiene por conocer las características estructurales y propiedades químicas y morfológicas de apósitos provenientes de alginato, poliuretano e hidrofibra de celulosa que son materiales promotores del cierre de la herida al mantener un ambiente óptimo.

7. OBJETIVO GENERAL

Conocer y describir las características estructurales de algunos apósitos derivados de poliuretano, hidrofibra de celulosa y alginato, así como analizar los cambios en su conformación estructural al estar en contacto con suero (simulando el exudado de una herida) o colorantes específicos de acidez o basicidad.

8. METODOLOGÍA

El estudio se basó en la observación macroscópica de los apósitos provenientes de diferentes materiales como son el poliuretano, el alginato e hidrofibra con o sin agente antimicrobiano como la plata (Tabla 1) que son utilizados en el tratamiento de heridas. Para tal fin, de cada apósito, se cortó tres fracciones de 1cm² donde fueron observadas en el microscopio estereoscopio con toma de fotografía del borde lateral (Fig. 5) la descripción y caracterización se realizó a través de un microscopio estereoscópico a 63X y las fotografías al mismo aumento con cámara de color de alta velocidad (Axio Observer Z1, Carl Zeiss Micro Imaging GmbH, Göttingen, Germany).

Tabla 1

Apósitos Evaluados

NOMBRE GENÉRICO	Nombre comercial	Casa comercial	Tipo de antiséptico	Presentación
Apósito de carboximetilcelulosa	Aquacel Ag+Extra	Convatec	Plata iónica	Lamina de 15 x 15 cm.
Apósito de fibras alginato	Askina Calgitrol	B BRAUN	Plata Iónica	Lamina de 10 x 10 cm.
Apósito de fibras alginato de calcio	Alginato de Ca Kendall	Covidien	Sin agente	Lamina de 10.2 x 10.2 cm.
Apósito de fibras alginato de calcio y sodio	Algisite Ag	Smith & Nephew	Iones de plata	Lamina de 10 x 10 cm.
Apósito de poliuretano	Mepilex Ag	Molnlycke	Iones de plata	Lamina de 10 x 10 cm.
Apósito de poliuretano	Exufiber Ag	Molnlycke	Sulfato de plata	Lamina de 10 x 12 cm.
Apósito de poliuretano	Endovellico Antimicrobiano	LGMD	Iones de plata	Lamina de 10 x 10 cm.

<i>Apósito de poliuretano</i>	<i>Acticoat</i>	<i>Smith & Nephew</i>	<i>Plata nanocristalina</i>	<i>Lamina de 10 x 10 cm.</i>
<i>Apósito de poliuretano</i>	<i>Allewyn</i>	<i>Smith & Nephew</i>	<i>Sin agente</i>	<i>Lamina de 15 x 15 cm.</i>

Fuente: Elaboración Propia.

8.1 Descripción de cada material:

8.1.1 Apósito de carboximetilcelulosa sódica con plata (Aquacel Ag+Extra)

Consta de un material constituido por fibras hidrocoloides de carboximetilcelulosa de sodio, estas fibras están diseñadas para promover la humedad en la herida, favoreciendo el proceso de cicatrización, esto se logra gracias a la formación de un gel en contacto con las secreciones exudadas de la herida, proporcionando un mejor manejo de los líquidos y eliminando bacterias y enzimas dañinas. El apósito se adapta al lecho de la herida, evitando los espacios en los cuales las bacterias se puedan multiplicar ¹⁶.

Aparte de los beneficios previamente mencionados, el apósito Aquacel dentro de su conformación de hidrofibra contiene plata iónica lo que le confiere actividad antimicrobiana rápida y sostenida. Esta actividad tiene una duración de 14 días, gracias que responde a los cambios en la composición de las secreciones exudadas de la herida, disponiendo de una mayor concentración de iones de plata en relación de las secreciones. Al tener un microentorno en la herida, este maximiza las propiedades antimicrobianas. Al combinar las propiedades antimicrobianas con la tecnología de la hidrofibra, le permite promover una mejora en la cicatrización del paciente ¹⁶.

8.1.2 Apósito de fibras de alginato (Askina Calgitrol)

Calgitrol es un apósito el cual consiste en dos capas, la primera capa es absorbente y consta de poliuretano reticulado y la segunda capa es una matriz de alginato con plata iónica. Al colocar el apósito en la herida exudante la capa de alginato con iones de plata al entrar en contacto con las secreciones provoca que el apósito se gelifique y que los iones de plata se distribuyen de manera gradual confiriéndole el efecto antimicrobiano ²⁷.

8.1.3 Apósito de fibras de alginato de calcio (Kendall)

El apósito de alginato de Ca consta de cuatro componentes principales, monolaureato de sorbitan polioxietilén-20, alginato de calcio, cloruro de calcio dihidrato, hipoclorito de sodio. En este tipo de apósitos diseñados para heridas exudativas, están compuestos de xerogel que es un derivado de algas marinas. Al estar en contacto con las secreciones naturales de la herida forman un gel húmedo gracias a un proceso de intercambio iónico, son suaves al tacto, maleables, fáciles de doblar o aplicar sobre heridas que tienen forma irregular. Este apósito está diseñado para heridas con exudado moderado a intenso, tales como úlceras de presión, heridas infectadas y quemaduras, para este tipo de apósitos se recomienda la utilización de un apósito secundario ^{23,24}.

8.1.4 Apósito de fibras de alginato de calcio y sodio (Algisite Ag)

El Algisite Ag es un apósito de fibras de alginato de calcio que fueron impregnadas con iones de plata. Este apósito forma una lámina gelificada al entrar en contacto con el exudado de la herida. En el proceso de gelificación el apósito absorbe el exceso de líquido secretado y gracias a un intercambio iónico entre el calcio del alginato de calcio y el sodio secretado de la herida conforma esta formación de gel que favorece la humedad en la herida y la distribución de los iones de plata actúa como antimicrobiano ³¹.

Algunas de las características del apósito son las siguientes:

- Peso del apósito: ≥ 100 g/m²
- Absorción: ≥ 12 g/100cm² mín.

8.1.5 Apósito de poliuretano (Mepilex Ag)

El apósito de Mepilex consta de dos capas, la primera es una espuma de silicona suave y una capa de iones de plata. La espuma le permite absorber el exudado para mantener húmeda la herida mientras que los iones de plata que son activados al contacto de la humedad del exudado de la herida le confieren actividad antimicrobiana, esta se va a ver dispersada a través del apósito hasta alcanzar el lecho de la herida ²⁹. Los iones de plata inactivan a los patógenos en los 30 minutos posteriores a la aplicación del apósito, la liberación es constante por un máximo de 7 días. Dichos iones de plata son eficaces contra una amplia gama de microorganismos, como los son MRSA, VRE y Pseudomonas. La silicona suave protege la piel de la periferia a la herida reduciendo el riesgo de maceración y minimiza el dolor en el cambio de apósito ²⁹.

8.1.6 Apósito de poliuretano (Exufiber Ag)

El Exufiber es un apósito que está conformado de PVA no tejido que al entrar en contacto con el exudado forma un gel, esto ayuda a que se adapte suavemente al lecho de la herida. Este apósito se utiliza para tratar una amplia gama de heridas cavitadas con un nivel de exudado de medio a alto, como lo son las úlceras o las quemaduras. Utiliza la tecnología de hydrolock lo que permite transferir el exudado al apósito secundario, se utiliza para evitar fugas del exudado y reducir el riesgo de maceración, al igual que ayuda a facilitar el retiro y cambio de apósito ²⁸.

8.1.7 Apósito de poliuretano (Endovellico Antimicrobiano)

Es un apósito con funciones antimicrobianas con uso en el campo de tratamiento de heridas, este apósito consta de tres capas, es estéril, desechable, biodegradable de carácter suave. La primera capa de este apósito microbiano está compuesta por una tela no tejida de tereftalato de polietileno (PET), la segunda de tela de carbón activado (ACF) y la última capa es una película de polietileno (PE) y plata ²⁴. El contenido de plata dentro de este apósito es de 100ppm. El apósito endovellico su función principal es de barrera antimicrobiana, pero de igual forma fomenta un ambiente semihúmedo, absorbe el exudado al igual que las bacterias en la herida. Este apósito al entrar en contacto con la herida, las fibras de carbón activado adsorben y retienen la humedad en la herida y de igual forma liberan paulatinamente los iones de plata. Los iones de plata eliminan a las bacterias y controlan las infecciones de la herida ²⁵.

8.1.8 Apósito de poliuretano (Acticoat)

Este apósito consta de tres capas, dos capas en la parte inferior y superior que están compuestas por una red de polietileno de alta densidad y baja adherencia revestidas con iones de plata 70 a 100pm y un núcleo de rayón de poliéster que es lo que le proporciona la característica de adsorbente ²⁶, la plata nanocristalina protege el lecho de la herida de la colonización de bacterias actuando como barrera antimicrobiana, eliminando en 30 minutos un amplio espectro de bacterias pues es eficaz contra más de 360 patógenos, incluyendo gram negativos, gram positivos, bacterias resistentes a antibióticos como Pseudomonas, SARM (Staphylococcus Aureus Resistente a la Meticilina) y VRE (Enterococcus Resistentes a la Vancomicina) ³⁰. El núcleo de poliéster con poros de tamaño promedio de 400-600 micrómetros ayuda a mantener la humedad de la herida propiciando una mejor cicatrización. El apósito no cuenta con un soporte, solo cuenta con

una costura en los extremos, provocando que si el apósito que se requiere de un menor tamaño sería imposible su aplicación ³⁰.

8.1.9 Apósito de poliuretano (Allevyn)

Allevyn es un apósito que consta de dos capas, una de espuma de poliuretano suave con características hidrofílicas de seis milímetros de espesor y una película de poliuretano semipermeable rosa que actúa de adhesivo a la herida ³². Esta película es permeable al vapor de la humedad, pero proporciona una barrera eficaz contra el agua como el exudado de la herida y evita la infección externa de microorganismos. En la superficie de contacto con el lecho de la herida, el apósito está cubierto con una película perforada diseñada para evitar que el mismo apósito se adhiera al tejido granulado. Este apósito al tener una gran capacidad de absorción de líquidos absorbe el exceso de líquido favoreciendo un ambiente húmedo proporcionando un microambiente propicio a la cicatrización ³².

8.2 Estructura del apósito en seco.

De cada apósito, se tomó una fracción de 1cm² y se observó en el microscopio estereoscopio con el fin de observar la estructura de las fibras de los apósitos de hidrofibra y alginato, así como la variación en la porosidad que presentaron los materiales de poliuretano. También se observó y describió la coloración, el grosor y empaquetamiento de las fibras.



Figura 5. Observación a través del microscopio estereoscópico.

8.3 Estructura del apósito saturado con Suero de Bovino Fetal

Los apósitos fueron embebidos en 1ml de suero de bovino fetal y/o hasta quedar completamente impregnados, posteriormente se sacaron y se dejaron escurrir, si así era el caso. Se observaron en el microscopio estereoscópico para conocer si hubo algún cambio en la estructura del material con el suero. Se realizó esta metodología con el fin de simular el exudado de una herida cuando éstas son muy exudativas y observar el cambio del apósito al estar en contacto con el fluido de la herida.

8.4 Estructura del apósito teñido con H&E.

Una fracción más de los apósitos en seco, se utilizó para la tinción de H&E bajo el siguiente procedimiento. Los apósitos fueron embebidos en solución de hematoxilina por un minuto, al término del tiempo se hicieron lavados con agua corriente hasta obtener el agua clara, posteriormente se embebieron con eosina por 10 segundos, en seguida, se lavó hasta obtener el agua clara, se dejaron secar y se observaron y fotografiaron en el microscopio estereoscópico. (Figura. 6)

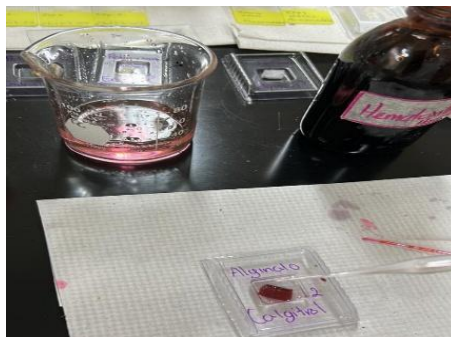


Figura 6. Tinción de H&E

9. RESULTADOS

a. Caracterización de la estructura del apósito en seco

Al observar los materiales bajo el microscopio estereoscópico se observó para el caso del apósito de hidrofibra (Aquacel Ag + Extra) la composición del material a base de fibras delgadas, flexibles y entrecruzadas de color blanco que se encuentran sujetadas por una costura que da el soporte evitando que se deshilache el material y aportando el manejo del mismo al ser colocado en una herida. Además, se observó espacios entre las fibras lo que le confiere una estructura no compacta. En cuando a los apósitos de alginato (Calgitrol Ag, Alginato Ca, Algisite Ag) a excepción del Calgitrol Ag, se observaron fibras gruesas, flexibles, compactas de color blanquecino/amarillento y fibras color café sólo para Algisite Ag. Para Calgitrol, al ser un apósito combinado con una capa de poliuretano reticulado y una capa de matriz de alginato con plata iónica, se identificó ambas estructuras una parecida a una espuma con orificios de diferentes tamaños y una lámina color gris por encima correspondiente al alginato compacto y combinado con la plata lo que da el color característico. Finalmente, los apósitos a base de poliuretano (Mepilex Ag, Exufiber Ag, Endovellico, Acticoat, y Allewyn) se observó una estructura poros. Para el caso del apósito Endovélico, se observaron las tres capas que está conformado, la primera capa es una tela no tejida de tereftalato de polietileno (PET), la segunda de tela de carbón activado (ACF) y la última capa es una película de polietileno (PE) y plata.

Para el apósito Mepilex, conformado por dos capas, una de espuma suave, de orificios uniformes y la otra capa de plata, para Exufiber Ag formado de un poliuretano no tejido con espacios irregulares. Finalmente, para Acticoat Ag, se identificaron las tres capas, la capa superior e inferior de polietileno de baja adherencia combinada con plata con espacios muy grandes y una capa interna que además de proporcionar soporte es absorbente de estructura más compacta. Y para el caso del Allewyn, también se identificaron dos capas, una suave y absorbente con poros pequeños y otra capa por encima delgada de color rosa semipermeable. (Figura. 7)

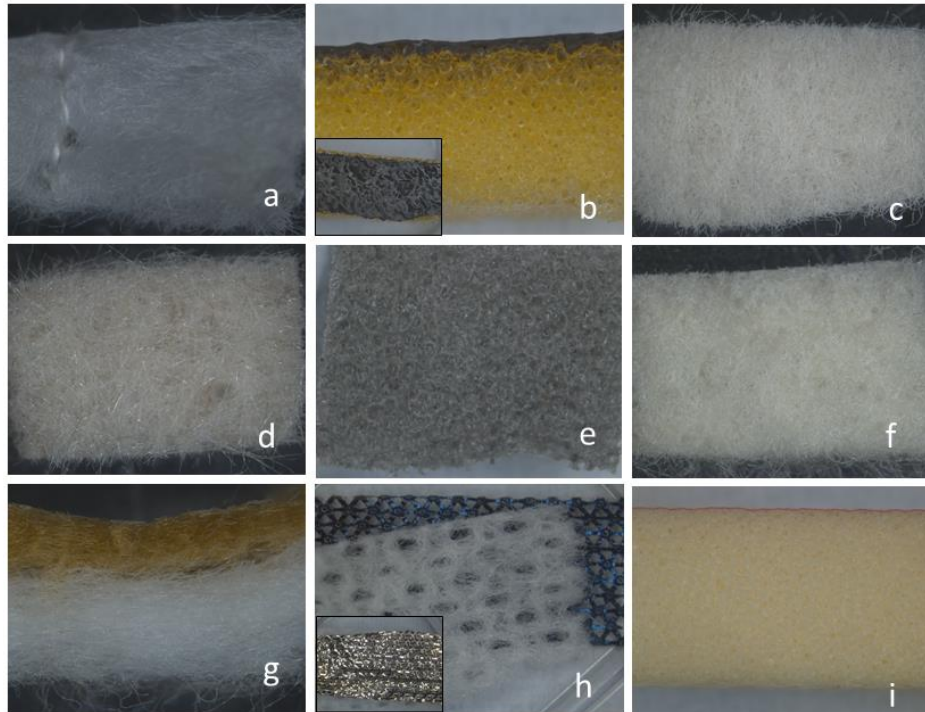


Figura 7. Estructura del apósito en seco, a) Aquacel, b) Calgitrol Ag c) Alginato Ca, d) Algisite Ag, e) Mepilex Ag, f) Exufiber Ag, g) Endovellico, h) Acticoat, i) Allevyn.

b. Caracterización de la estructura del apósito embebido con suero de bovino fetal.

Experimentalmente al observar los materiales embebidos en suero de bovino fetal en el caso de la hidrofibra (Aquacel Ag + Extra) sus fibras entrecruzadas se adhirieron formando un gel tipo moco hasta perderse la estructura de las mismas, pero la costura que las sujeta no dejó de distinguirse y eso permitió que no se desintegre. Sin embargo, el apósito se contrajo de tamaño después de absorber el suero. En cuanto a los apósitos de alginato (Calgitrol Ag, Alginato Ca, Algisite Ag) a excepción de Calgitrol Ag, las fibras se compactaron aún más hasta gelificarse como la hidrofibra y las fibras de Algisite Ag de color café se distinguieron aún más. Para Calgitrol la lámina de color gris encima se gelificó y se difundió en la estructura inferior por su gran capacidad de absorción. Por

último los apósitos de poliuretano (Mepilex Ag, Exufiber Ag, Endovellico, Acticoat, y Allevyn) se observó diferencias en la absorción y retención del suero debido a la diferencia de tamaño de los poros, en el caso de Allevyn se distinguieron 3 capas, las superior e inferior de color hueso y la central de color café claro que es la que absorbió el suero, esto porque la capa superior es semipermeable limitando el contacto con el suero, así mismo la capa que entra en contacto con el suero esta microperforada lo que ayuda al el suero a ascender directamente por capilaridad a la capa de en medio que es hidrocélular. Por otro lado, el apósito Acticoat la capa interna absorbió el suero y las láminas superior e inferior cambiaron de color, el Exufiber se contrajo de tamaño y se lograron ver las partículas de plata en forma de pequeños conglomerados de color café oscuro formando un gel. (Figura. 8)

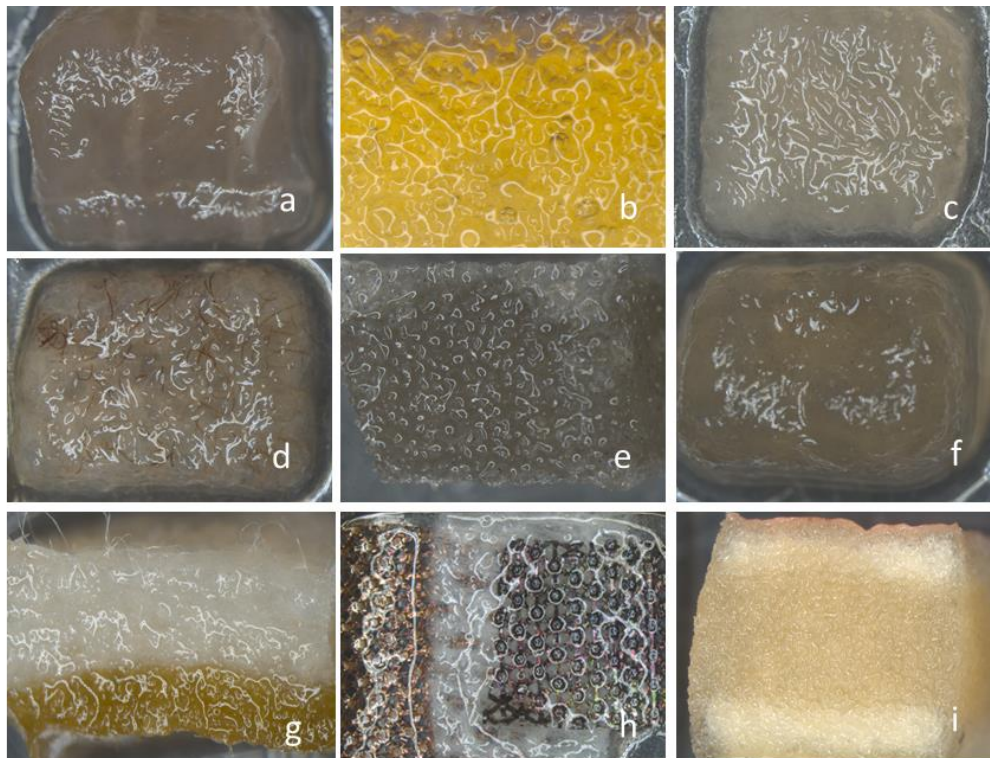


Figura 8. Estructura del apósito con Suero de Bovino Fetal, a) Aquacel, b) Calgitrol Ag c) Alginato Ca, d) Algisite Ag, e) Mepilex Ag, f) Exufiber Ag, g) Endovellico, h) Acticoat, i) Allevyn.

c. Caracterización de la estructura del apósito teñido con H&E.

Posterior a la tinción y al secado a temperatura ambiente, se observó los materiales teñidos, en el caso de la hidrofibra (Aquacel Ag) mostró una coloración morada en sus fibras por la hematoxilina lo que indicó que el material es de carácter ácido, debido a su carga electrostática positiva, a diferencia de su costura de soporte se tiñó de color rosado. Para los apósitos de alginato (Calgitrol Ag, Alginato Ca, Algisite Ag) se tiñeron de color morado lo que apuntó el carácter del material ácido de carga positiva, en cuanto el apósito Calgitrol que mostró alcalinidad y se reveló de color rosa con carga negativa en su estructura parecida a esponja, pero en la capa superior se gelificó y se difundió, pero no cambio de color. Finalmente en los apósitos de poliuretano (Mepilex Ag, Exufiber Ag, Endovellico, Acticoat, y Allevyn) mostraron un color rosa indicando que fueron teñidos por la eosina y esto mostró que el material fue de carácter básico, en cambio el apósito Acticoat la capa intermedia no tejida se tiñó de color morado opaco por la hematoxilina lo que mostró el carácter ácido de su estructura y su carga electrostática positiva; el apósito Exufiber Ag se mostró de color rojizo y café por lo que algunas de sus fibras fueron de carácter alcalino de carga negativa pero otras no se tiñeron porque fueron neutras. (Figura.9)

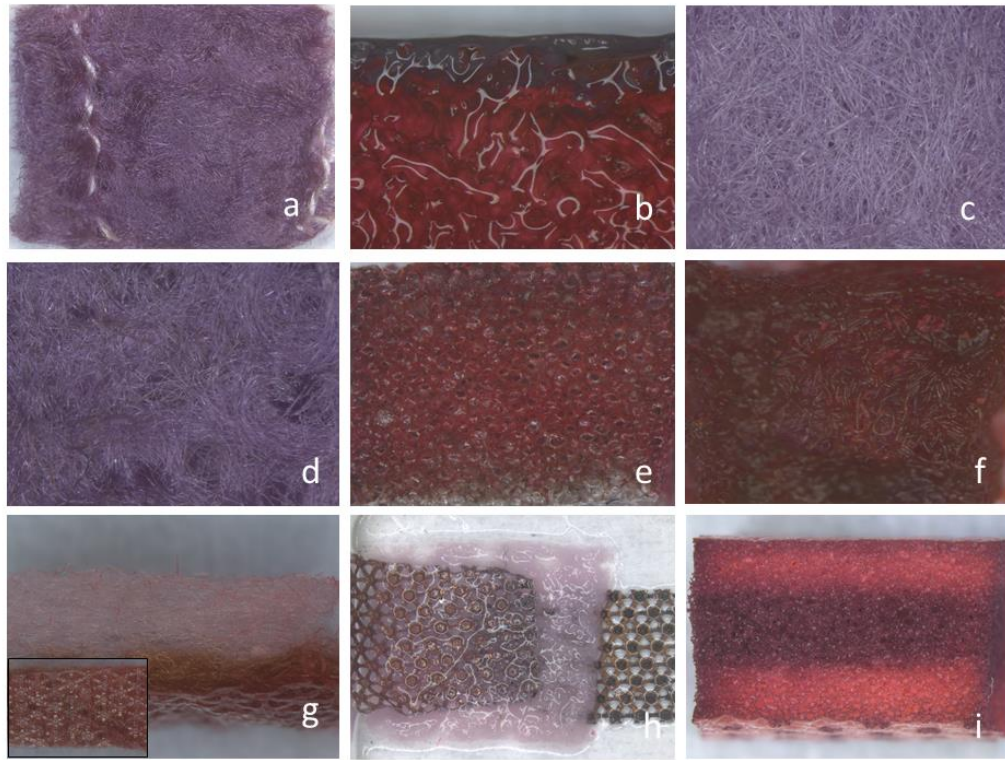


Figura 9. Estructura del apósito con tinción H & E, a) Aquacel, b) Calgitrol Ag c) Alginato Ca, d) Algísite Ag, e) Mepilex Ag, f) Exufiber Ag, g) Endovellico, h) Acticoat, i) Allevyn

10. DISCUSIÓN

El uso de apósitos de origen sintético y biológico en la práctica médica para el manejo avanzado de heridas agudas o crónicas es muy amplio, sin embargo son muy pocos los estudios que comparan y sobre todo describen las características estructurales de los apósitos derivados de poliuretano, alginato o hidrofibra, donde el mayor aporte es que, gracias a las propiedades específicas de estos materiales, tienen la capacidad de absorber/retener agua para proporcionar un entorno húmedo ideal que favorece el proceso de cicatrización.

En cuanto a los apósitos de origen natural como el alginato (Calgitrol Ag, Alginato Ca, Algisite Ag) se utilizan en el área médica específicamente en el cuidado de heridas por la propiedad de formar geles y/o soluciones altamente viscosas llamadas ficocoloides debido a la interacción del alginato con el exudado de una herida y que además, al estar combinado con un antimicrobiano reduce la infección y contribuye acelerando el cierre de la herida. Además, debido a las propiedades ácidas de los alginatos, proporciona condiciones óptimas en la formación de colágena al aumentar la actividad de los fibroblastos y dificultar la proliferación de las bacterias ³³. Otra ventaja que presenta este tipo de material es que al estar en contacto con el exudado, forma un gel que se adhiere a la herida en forma y tamaño dando la ventaja de cubrir la herida en su totalidad creando un microambiente de humedad óptimo para promover la cicatrización de la herida.

Para la hidrofibra de celulosa impregnada con plata iónica (Aquacel Ag + Extra) otro material orgánico derivado de la celulosa y compuesto por grupos carboximetil enlazados a grupos hidroxil, posee características importantes de absorción y retención de agua. Generalmente la retención se logra transfiriendo el líquido desde los espacios microscópicos de la estructura del material ocasionando un proceso de gelificación rápido que bloquea la tasa de producción de exudado.

La propiedad de gelificación y la característica ácida que posee el material al teñirse de color morado, le confiere al igual que los alginatos, la propiedad de crear un microambiente estable y óptimo en el lecho de la herida y promover la rápida epitelización de la misma.

Finalmente, los apósitos derivados de poliuretano (Mepilex Ag, Exufiber Ag, Endovellico, Acticoat, y Allevyn) la versatilidad del material hace que sean diferentes propiedades físicas, químicas y biológicas entre ellas que sean portadores de fármacos, proteínas e incluso de sustancias antisépticas, además, que sean permeables, duros, flexibles, absorbentes, hidrofóbicos o hidrofílicos y todo dependiendo de la fabricación, composición, combinación con otro polímero y el tamaño de poro que da la estructura final. En relación a las cargas que posee este material, por la tinción de H&E se observó que tiene propiedades básicas al teñirse de rosa/magenta. Esta propiedad le confiere estabilidad y biocompatibilidad con el material combinado ³⁴.

Los resultados que se obtuvieron al observar y comparar las características de los 9 apósitos empleados en el manejo de heridas, demostraron que los apósitos tienen diversos componentes lo que los confiere una estructura característica, algunos conformados de fibras flexibles, delgadas o gruesas que pueden estar entrecruzadas tejidas o no, o de una estructura porosa regular y/o irregular, sin embargo cuando los apósitos son embebidos en suero de bovino fetal (SBF) simulando el contacto con el exudado de una herida, observamos que las fibras de alginato e hidrofibra no atraparon las proteínas y se acumularon en la orilla del material en cambio, los poliuretanos retuvieron las proteínas en forma de acúmulos, por otra parte los apósitos que contienen agente antimicrobiano como plata iónica, sulfato de plata o iones de plata se lograron distinguir sus fibras o depósitos en el resto del material de los apósitos.

Asimismo, se identificó que dependiendo de la estructura y la composición de los materiales serán las características de absorción, retención, gelificación y microbicida que aporten los materiales de los apósitos lo que nos va a dar una extensa variedad de

productos utilizados para el manejo avanzado de heridas solos o combinados con otro polímero.

11. CONCLUSIÓN

En este estudio se examinó las características estructurales de ciertos apósitos derivados de alginato, poliuretano e hidrofibra. Estos materiales son pieza clave para favorecer el proceso de cicatrización de una herida aguda o crónica, ya que las propiedades de absorción, retención, gelificación y microbicida que aportan los materiales con los que están fabricados determinan la eficacia del apósito en la etapa de curación de la herida. Por lo que es importante el conocer las características de los materiales para tomar la decisión más certera acerca del apósito a emplear dependiendo de la fase de cicatrización en la que se encuentre la herida.

Así, la variedad de apósitos para el manejo avanzado de heridas y su aplicación solos o combinados están al alcance del sector salud de manera alternativa siendo una estrategia terapéutica ideal que mejore la herida en un menor tiempo.

12. CARTEL DE INVESTIGACIÓN

Cristina López Rosales ^{1,2}, Rosa Ma. Salgado ³, Edgar Kröttsch ³.

¹Universidad Panamericana, Maestría en Terapia de Heridas, Estomas y Quemaduras. ²Clinica de heridas, Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias "Ismael Cosío Villegas" ³Laboratorio de Tejido Conjuntivo, CENIAQ INRLGII

INTRODUCCIÓN

Los apósitos son materiales de diversas estructuras que imitan algunas funciones de la piel, su uso se enfoca en 4 funciones básicas que son el manejo del tejido (limpieza o desbridamiento), prevención y/o control de infecciones, balance de humedad y formación de tejido nuevo para el cierre de la misma (1). Los apósitos de alginato son con sales de calcio y sodio producidos por fibras de varias especies de algas pardas, en cambio los apósitos de poliuretano son polímeros que se obtienen de bases hidroxilicas combinadas con disocianatos, y la hidrofibra de celulosa es un polímero compuesto por fibras hidrocoloidales de carboximetilcelulosa de sodio que forman nanocintas en una red interconectada (3).

OBJETIVO GENERAL

Conocer y describir las características estructurales de apósitos derivados de poliuretano, alginato e hidrofibra, así como analizar los cambios en su conformación estructural al estar en contacto con el suero o colorantes específicos de acidez o basicidad.

METODOLOGÍA

- Se obtuvieron 3 fracciones de 1cm² de 9 apósitos.



RESULTADOS

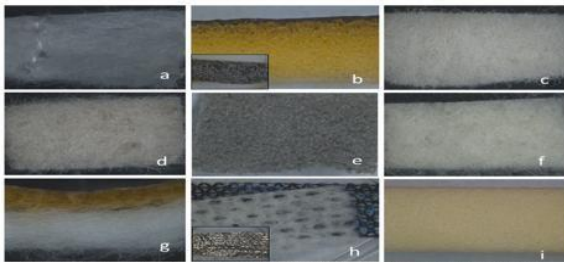


Figura 7. Estructura del apósito en seco, a) Aquacel, b) Calgitrol Ag c) Alginato Ca, d) Alginate Ag, e) Mepilex Ag, f) Exulfiber Ag, g) Endovellico, h) Acticoat, i) Allevyn

Estado seco:

Los apósitos de hidrofibra observamos fibras delgadas, flexibles y entrecruzadas de estructura no compacta ya que se distinguía los espacios entre ellas, para los apósitos de alginato se observaron fibras gruesas, flexibles, compactas, algunos combinados con plata, lo que le da el color característico y finalmente, los apósitos de poliuretano se observaron estructuras porosas, de tamaños irregulares.

REFERENCIAS

- Martínez-Cortez, E., Osorio-Delgado, M. A., Hetuao-Tamayo, L. J., & Castro-Herazo, C. I. (2020). Clasificación Sistemática de Apósitos: Una Revisión Bibliográfica. *Revista mexicana de ingeniería biomédica*, 41(1), 5-28. Epub 23 de octubre de 2020.
- Dhivya S, Padma VV, Santhani E. Wound-dressings - a review. *Biomedicine (Taipei)*. 2015;5(4):22.
- Hollings JO. *An Introduction to Biomaterials*. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press Taylor & Francis Group; 2012. Contacto: 0262876@up.edu.mx

Palabras clave: Características estructurales, apósitos, biomaterial, heridas.

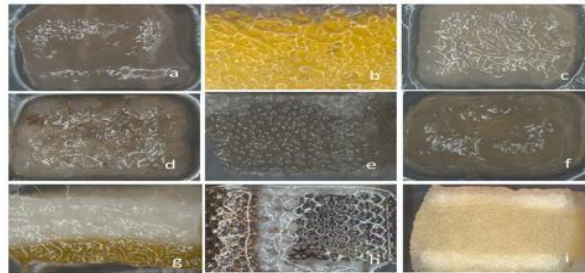


Figura 8. Estructura del apósito con Suero de Bovino Fetal, a) Aquacel, b) Calgitrol Ag c) Alginato Ca, d) Alginate Ag, e) Mepilex Ag, f) Exulfiber Ag, g) Endovellico, h) Acticoat, i) Allevyn

Apósitos activados:

En el apósito de hidrofibra, así como también para los apósitos a base de alginatos las fibras entrecruzadas se compactaron al estar en contacto con el suero formando un gel tipo moco y para los apósitos de poliuretano se observó una variedad en la absorción y retención del suero, debido a la diferencia de tamaño de los poros.

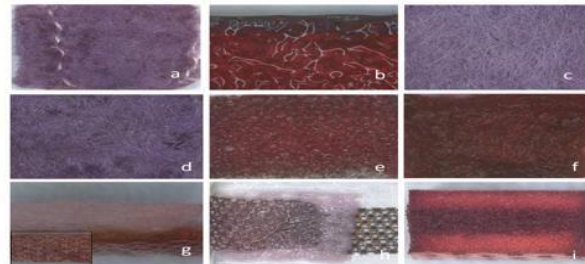


Figura 9. Estructura del apósito con tinción H & E, a) Aquacel, b) Calgitrol Ag c) Alginato Ca, d) Alginate Ag, e) Mepilex Ag, f) Exulfiber Ag, g) Endovellico, h) Acticoat, i) Allevyn

Apósitos con H&E:

Para los apósitos de hidrofibra y alginato las fibras tomaron un color morado por la hematoxilina, lo que indicó que el material tiene afinidad ácida y para el caso de los apósitos de poliuretano se mostraron de color rosa indicando que fueron teñidos por la eosina, lo que mostró que el material fue de carácter básico.

DISCUSIÓN

Los resultados que se obtuvieron al observar y comparar las características de los 9 apósitos empleados en el manejo de heridas, demostraron que los apósitos tienen diversos componentes lo que los confiere una estructura característica, algunos conformados de fibras flexibles, delgadas o gruesas que pueden estar entrecruzadas tejidas o no, o de una estructura porosa regular y/o irregular (3), sin embargo cuando los apósitos son embebidos en suero de bovino fetal simulando el contacto con el exudado de una herida, observamos que las fibras de alginato e hidrofibra no atraparón las proteínas y se acumularon en la orilla del material en cambio, los poliuretanos retuvieron las proteínas en forma de acúmulos. También, la acidez o basicidad que aporta el material es fundamental para inducir la proliferación celular o inhibir la carga microbiana.

CONCLUSIÓN

El conocer las características estructurales de los apósitos derivados de poliuretano, alginato e hidrofibra, nos ayuda a tomar una decisión certera acerca del apósito a emplear en la cicatrización de las heridas agudas y/o crónicas.

13. REFERENCIAS

1. Martínez-Correa, E., Osorio-Delgado, M. A., Henao-Tamayo, L. J., & Castro-Herazo. Systematic Classification of Dressings: A Literature Review. *Mexican Journal of Biomedical Engineering*, 2020 41(1), 5-28. doi.org/10.17488/rmib.41.1.1
2. Osorio M. Henao LJ, Velásquez. DYNA, Biomedical Applications of Polymeric biomaterials. 2017 October; 84: 241-252.
3. Hollinge JO. An Introduction to Biomaterials. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press Taylor & Francis Group, 2012.
4. Boateng, J. y Catanzano, O. Apósitos terapéuticos avanzados para una curación eficaz de las heridas: una revisión. *Revista de Ciencias Farmacéuticas*. (2015). 104(11), 3653–3680. doi:10.1002/jps.24610
5. Valencia L.E., Martel, S.A., Vargas, C.L., Rodriguez, C.A., & Olivas, I. Apósitos de polímeros naturales para regeneración de piel. *Revista mexicana de ingeniería biomédica*, 2016 37(3), 235-249. doi: 10.17488/rmib.37.3.4
6. Mir M, Ali MN, Barakullah A, et al. Synthetic polymeric biomaterials for wound healing: a review. *Prog Biomater*. 2018;7(1):1-21. doi:10.1007/s40204-018-0083-4
7. Lee, S.M., Park, I.K., Kim, Y.S. *et al*. Physical, morphological, and wound healing properties of a polyurethane foam-film dressing. *Biomater Res* **20**, 15 (2016). doi: 10.1186/s40824-016-0063-5.
8. Dhivya S, Padma VV, Santhini E. Wound dressings - a review. *Biomedicine (Taipei)*. 2015;5(4):22. doi:10.7603/s40681-015-0022-9
9. Obagi Z, Damiani G, Grada A, Falanga V. Principles of Wound Dressings: A Review. *Surg Technol Int*. 2019; 35:50-57.
10. Rahman MS, Hasan MS, Nitai AS, et al. Recent Developments of Carboxymethyl Cellulose. *Polymers (Basel)*. 2021;13(8):1345. Published 2021 Apr 20. doi:10.3390/polym13081345

11. Hernández G., Rodríguez Y.E., Arvizu D.L., Reyes R., Murillo J.I., & Muñoz M. Engineering, research and technology, Technological advances in the production of alginates in Mexico. 2023 October 13(2), 155-168.
12. Aderibigbe BA, Buyana B. Alginate in Wound Dressings. *Pharmaceutics*. 2018;10(2):42. Published 2018 Apr 2. doi:10.3390/pharmaceutics10020042
13. Niculescu AG, Grumezescu AM. An Up-to-Date Review of Biomaterials Application in Wound Management. *Polymers (Basel)*. 2022;14(3):421. Published 2022 Jan 21. doi:10.3390/polym14030421
14. Yadav P, Yadav H, Shah VG, Shah G, Dhaka G. Biomedical Biopolymers, their Origin and Evolution in Biomedical Sciences: A Systematic Review. *J Clin Diagn Res*. 2015 10. Sep;9(9):ZE21-5. doi: 10.7860/JCDR/2015/13907.6565. Epub 2015 Sep 1. PMID: 26501034; PMCID: PMC4606363.
15. Nguyen HM, Ngoc TT, Nguyen AT, le HN, and Pham TT. Biomedical materials for wound dressing: recent advances and applications: a review *RSC Adv.*, 2023, 13, 5509-5528. doi:10.1039/D2RA07673J
16. Hurlow J. AQUACEL® Ag Dressing with Hydrofiber® Technology. *Adv Wound Care (New Rochelle)*. 2012;1(2):104-107. doi:10.1089/wound.2011.0286
17. Morales-González M, Díaz LE, Dominguez-Paz C, Valero MF. Insights into the Design of Polyurethane Dressings Suitable for the Stages of Skin Wound-Healing: A Systematic Review. *Polymers (Basel)*. 2022;14(15):2990. Published 2022 Jul 24. doi:10.3390/polym14152990
18. Walker M, Michael A. y Parsons D. Hydrofiber Technology: its role in exudate management. 2010; 6 (2): 31-36.
19. Hollinge JO. 2012. Consensus Definitions, Fundamental Concepts, and a Standardized Approach to Applied Biomaterials Sciences, an Introduction to Biomaterials 2nd ed. (2-3) Boca Raton: CRC Press Taylor & Francis Group.
20. Akindoyo, J. O., Beg, M., Ghazali, S., Islam, M. R., Jeyaratnam, N., & Yuvaraj, A. R. *Rsc Advances* (2016). Polyurethane types, synthesis and applications—a review. 2016.November 6(115), 114453-114482. doi: 10.1039/C6RA14525F.

21. Waring. M.j., Parsons D., Biomaterials, Physico Chemical Characterisation of Carboxymethylated spun cellulose fibres. 2001 May; 22 (9):903-912. doi:10.1016/s0142-9612(00)00254-4.
22. Marcano Deanna. (2011). Carbohidratos; La química de los alimentos. pp 58. Editorial: Fundación de Empresas.
23. AREZA. (2022). Calcium Alginate <https://arezamedical.mx/producto/aposito-aginatocalcio/>.
24. Kendall. (2023). Apósitos Calcio Alginato. <http://www.hospitalia.cl/product/kendallapositos-calcioalginato/#:~:text=Los%20ap%C3%B3sitos%20Calcio%20Alginato%20>
25. IASSA. (s.f.). APÓSITO CON BARRERA ANTIMICROBIANA. ENDOVELICO. <https://instrumentosyaccesorios.com/producto/endovellico-s/>
26. mdMarket. (2023). Acticoat Apósito Antimicrobiano <https://medimarket.mx/products/acticoat%C2%A9-10x10-cm>.
27. mdMarket.(2023). B. Braun Askina Calgitrol AG Apósito De Alginato De Calcio <https://medimarket.mx/products/aposito-de-alginato-de-calcio-bbraun-askinacalgitrol-ag-de-15-x-15-cm>
28. Mölnlycke. (2021). Exufiber. <https://www.molnlycke.es/productossoluciones/exufiber/>.
29. Safetac. (2019). Mepilex Ag. <https://static.webareacontrol.com/CommonFile/instructions-for-use-mepilexag.pdf>
30. SHSA. (2023). Acticoat Apósito Antimicrobiano. <https://medifacil.com/products/aposito-antimicrobiano-con-plata-smithnephew-acticoat-de-10-x-10-cm>.
31. SHSA. (s.f.). ALGISITE Ag, apósito de alginate de calcio con plata <https://shsa.com.ar/wp-content/uploads/2018/03/Algisite-Ag.pdf>.
32. Thomas, S. (1997). Allevyn. <http://www.dressings.org/Dressings/allevyn.she.html>

33. Mariani F, Serafini M, Gualandi I, et al. Advanced Wound Dressing for Real-Time pH Monitoring. *ACS Sens.* 2021;6(6):2366-2377. doi:10.1021/acssensors.1c00552
34. Borcan F, Mioc M, Ghiulai R, Pinzaru I, Dehelean CA, Soica CM. A Study on the Behavior of a Polyurethane Drug Carrier in Various pH Media. *J Med Life.* 2020;13(2):195-199. doi:10.25122/jml-2020-0010