

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), septiembre-octubre 2025,
Volumen 9, Número 5.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i5

EFEECTO DE REGENERACIÓN CICATRIZAL SECUNDARIA POR MEDIO DE APÓSITOS A BASE DE QUITOSANO

**EFFECT OF SECONDARY WOUND HEALING REGENERATION
USING CHITOSAN-BASED DRESSINGS**

DCF. Dora María López Trujillo

Universidad Autónoma de Coahuila Unidad Torreón.

DCF. Martha Margarita Aguado Arzola

Universidad Autónoma de Coahuila Unidad Torreón.

MCO. Wendy Jazmín Álvarez Fernández

Universidad Autónoma de Coahuila Unidad Torreón.

MOR. Enrique Díaz Palomares

Universidad Autónoma de Coahuila Unidad Torreón.

DCF. María de los Ángeles Pietschmann Santamaría

Universidad Autónoma de Coahuila Unidad Torreón.

CD. Zonnia Dunetschka Quintana Chávez

Universidad Autónoma de Coahuila Unidad Torreón.

Efecto de regeneración cicatrizal secundaria por medio de apósitos a base de quitosano

DCF. Dora María López Trujillo¹

doralopeztrujillo@uadec.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0002-6501-6826>

Universidad Autónoma de Coahuila Unidad
Torreón.
México.

DCF. Martha Margarita Aguado Arzola

aguadom@uadec.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0003-3366-3815>

Universidad Autónoma de Coahuila Unidad
Torreón.
México.

MCO. Wendy Jazmín Álvarez Fernández

wendyalvarez181092@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-9325-9534>

Universidad Autónoma de Coahuila Unidad
Torreón.
México.

MOR. Enrique Díaz Palomares

enriquediazpalomares@uadec.edu.mx

<https://orcid.org/0009-0000-9449-8863>

Universidad Autónoma de Coahuila Unidad
Torreón.
México.

**DCF. María de los Ángeles Pietschmann
Santamaría**

m.pietschmann.santa@uadec.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0002-6951-6924>

Universidad Autónoma de Coahuila Unidad
Torreón.
México.

CD. Zonnia Dunetschka Quintana Chávez

dunequintana@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0008-7915-8826>

Universidad Autónoma de Coahuila Unidad
Torreón.
México. Residente de la Maestría en Ciencias
Odontológicas con Acentuación en Periodoncia.

RESUMEN

Introducción: La cicatrización de heridas es un proceso biológico complejo. En casos de distorsión severa de la arquitectura tisular, la curación puede no restaurar la estructura y función normales, dando lugar a tejidos conectivo desorganizado con apariencia fibrosa. **Objetivo:** Evaluar histopatológicamente la cicatrización secundaria en sitios quirúrgicos tratados con apósitos a base de quitosano. **Materiales y Métodos:** Se utilizaron 25 ratas Wistar, divididas en dos grupos; control, y quitosano. Se creó un defecto epitelial de 100 mm² a espesor parcial en el dorso de cada animal. En el grupo experimental se aplicó un apósito de quitosano sobre la herida, actuando como barrera y andamiaje para la regeneración tisular, previniendo la invasión bacteriana, favoreciendo la angiogénesis y la actividad de los fibroblastos. El grupo control no recibió apósito, solo clorhexidina al 0.12%. Se realizaron evaluaciones histológicas a las 24, 48, 72 horas, y a los 14 y 28 días. **Resultados:** los apósitos de quitosano ofrecieron protección efectiva, promoviendo la hemostasia y la estabilidad tisular. **Conclusión:** El quitosano presenta potencial regenerativo por su biocompatibilidad y capacidad para favorecer la quimiotaxis en procesos de cicatrización.

Palabras clave: quitosano, cicatrización de heridas, regeneración tisular, hemostasia

¹ Autor principal

Correspondencia: doralopeztrujillo@uadec.edu.mx

Effect of secondary wound healing regeneration using chitosan-based dressings

ABSTRACT

Introduction: Wound healing is a complex biological process. In cases of severe tissue architecture distortion, healing may not restore normal structure and function, leading instead to disorganized fibrous connective tissue. **Objective:** To histopathologically evaluate secondary wound healing in surgical sites treated with chitosan-based dressings. **Materials and Methods:** 25 Wistar rats were divided into two groups: control and chitosan. A 100 mm² partial-thickness epithelial defect was created on the back of each rat. In the experimental group, a chitosan dressing was applied to the wound to serve as a barrier and scaffold, promoting tissue regeneration, preventing bacterial invasion, enhancing angiogenesis, and supporting fibroblast activity. The control group received no dressing, only 0.12% chlorhexidine. Histological samples were collected at 24, 48, 72 hours, and at 14 and 28 days. **Results:** Chitosan dressings provided effective wound protection, promoting hemostasis and tissue stability. **Conclusion:** Chitosan demonstrates regenerative potential due to its biocompatibility and ability to enhance chemotaxis in wound healing processes.

Keywords: chitosan, wound healing, tissue regeneration, hemostasis.

*Artículo recibido 05 setiembre 2025
Aceptado para publicación: 09 octubre 2025*



INTRODUCCIÓN

Una vez que ocurre una lesión, alguna incisión o una exposición del tejido conectivo al ambiente bucal, los tejidos periodontales inician una respuesta de curación en fase secuencial que permite el cierre de la lesión y la restauración parcial de la estructura y función del tejido.

La reestructuración del tridimensional del tejido periodontal en la respuesta de curación involucra a los fibroblastos, que sintetizan y organizan las fibras de colágeno que unen el hueso alveolar y la encía con el cemento que cubre la raíz del diente.

Algunos cirujanos utilizan el término de cicatrización por tercera intención o cierre primario diferido, para referirse a la cicatrización que ocurre cuando se cierra una herida después de un período de cicatrización por segunda intención. El cierre se hace cuando se está seguro de que se ha superado el riesgo de infección.

La cicatrización, es el resultado de la regeneración tisular y de la oclusión de una herida. (López, 1992)
Los biomateriales pueden ayudar a la reconstrucción fisiológica adecuada del epitelio y reducir o prevenir la formación de tejido cicatricial.

La quitina y quitosano, se ha encontrado que sus oligómeros promueven la cicatrización de heridas, especialmente en las fases de proliferación y formación de matriz. (Azuma *et al.*, 2015)

El quitosano se deriva del desacetilado de la quitina, un polisacárido lineal no ramificado presente en el exoesqueleto de los crustáceos y en micelios de los hongos. (Howling *et al.*, 2001)

Se ha observado que las membranas de quitosano proveen estabilidad mecánica y flexibilidad, mayor captación de agua y tienen propiedades bacteriostáticas y fungistáticas (Johnen *et al.*, 2008)

El objetivo de este trabajo fue evaluar histológicamente la cicatrización secundaria en zonas quirúrgicas en donde se colocó el apósito de quitosano.

MATERIALES Y MÉTODOS

Metodología: Se emplearon 25 ratas Wistar, distribuidas en dos grupos experimentales: grupo control, que incluía 1 rata evaluada en cada punto temporal (24, 48 y 72 horas; 14 y 28 días), y un grupo tratado con quitosano, que incluyó a 20 ratas, separadas en subgrupos de 4 ratas cada uno, correspondientes a los mismos intervalos de tiempo.



Fabricación de películas de quitosano

Las películas de quitosano se prepararon disolviendo quitosano al 2% p/v en ácido acético al 2% v/v (pH 6.4). Se vertieron 9 ml de solución en cajas Petri de vidrio estéril formando películas delgadas (~20 μm) en condiciones de flujo laminar. Estas se dejaron secar durante 12 días a 25° C y 30% de humedad relativa (HR). Adicionalmente, se preparó una solución gelatinosa de quitosano (8 ml, pH ~5.0) en agua desionizada con ácido acético al 2% v/v. Tras agitación durante 6 horas, se vertió en placas Petri estériles (95 cm²) y se secó durante 6 días en condiciones de limpieza y oscuridad (25 °C, 30% HR).

La quitina y el quitosano, con tamaño de partícula promedio de 3.5 μm , fueron esterilizados por óxido de etileno y suspendidos en solución tampón fosfato (PBS, pH 7.2) a una concentración de 10 mg/ml. Estudios previos indican que las dosis óptimas para la formación de tejido de granulación en ratas son de 1.0 y 10 mg/ml para quitina, y de 0.1 y 1.0 mg/ml para quitosano. Concentraciones más altas pueden inducir respuestas inflamatorias excesivas.

Protocolo quirúrgico

Se anestesiaron 25 ratas Wistar (peso aproximado: 500 g cada una) con Zoletil al 30%, (0.10 mg por cada 100 g). Se realizaron dos zonas operatorias en el dorso realizando rasurado quirúrgico y siguiendo el protocolo de asepsia con yodopovidona y protección ocular con ungüento oftálmico (Fig. 1).

En la zona experimental (más proximal a la cabeza), se marcó la zona quirúrgica con plumón permanente y se creó un colgajo en sobre de 5 mm de espesor con un bisturí de Allen-Orban modificado para colocar el apósito de quitosano debajo del epitelio. Este se fijó con punto en cruz modificado utilizando sutura Vycril 4-0, evitando tensión en el tejido, se aplicó gel de clorhexidina al 0.20% (fig. 2). Se colocó a las ratas en jaulas sin aserrín, con suelo forrado en papel, hasta su recuperación. El protocolo de cuidado postoperatorio incluyó la administración de Penicilina Benzatínica (0.3 ml dosis única), Dexametasona (4 mg/ml, 1 ml por 3 días) y Metamizol sódico (500 mg/ml, 1 ml por 2 días).



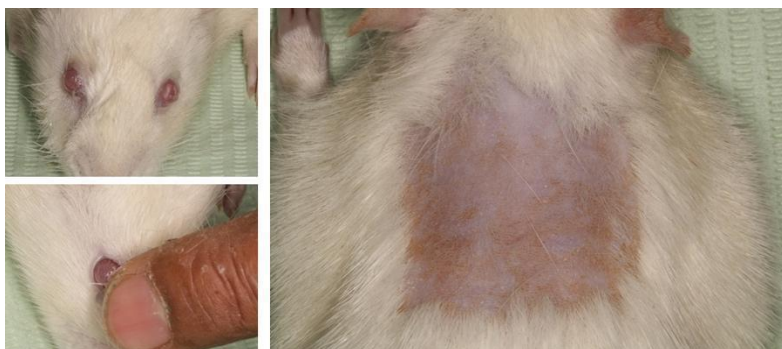


Fig. 1. Rasurado y cuidado ocular

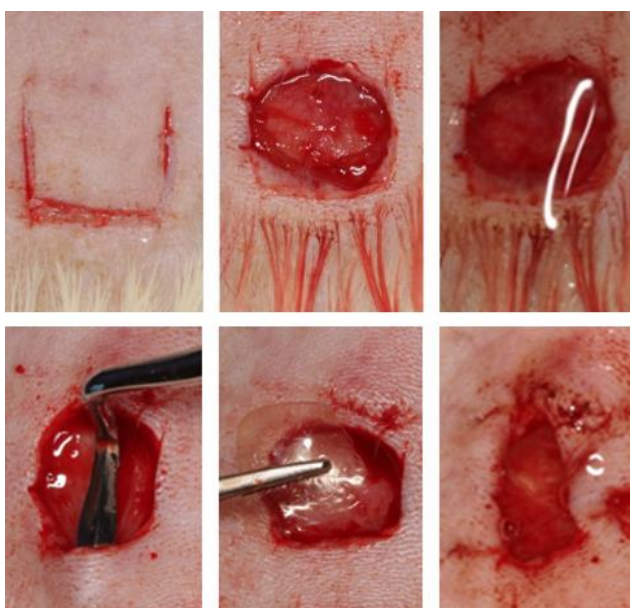


Fig. 2. Preparación de lecho quirúrgico en el grupo experimental.

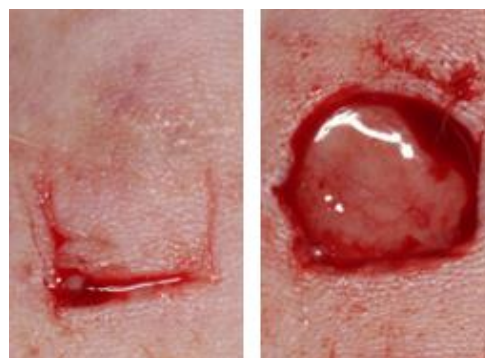


Fig. 3. Preparación de lecho quirúrgico en grupo control.

En el grupo control se realizó el mismo protocolo quirúrgico, sin embargo, no se colocó ningún apósito, solamente se colocó gel de clorhexidina al 0.12% y protocolo de cuidado posoperatorio descrito anteriormente (fig. 3).

Se realizaron biopsias en los distintos tiempos de evaluación (24,48 y 72 horas; 14 y 28 días) para análisis histológico, con el fin de caracterizar la calidad de la cicatrización secundaria entre ambos grupos.

La eutanasia se llevó a cabo mediante sobredosis de anestesia.

Resultados

Después de las 24 horas posoperatorias: En el grupo control se encuentra un defecto epitelial donde se puede observar una lesión donde las fases de hemostasia y coagulación ha sido exitosa, con presencia de inflamación generalizada. No hay rastros de infección y se realiza biopsia excisional (fig. 4).

En el grupo experimental la membrana de quitosano luce totalmente adaptada a la cicatrización de los tejidos formando el andamiaje que se esperaba obtener, no hay presencia de infección, pero si de inflamación y se realiza biopsia excisional (fig. 5).

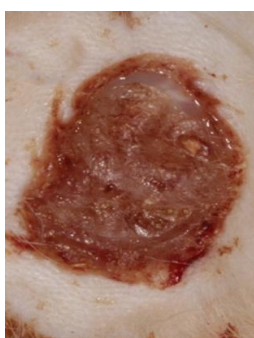
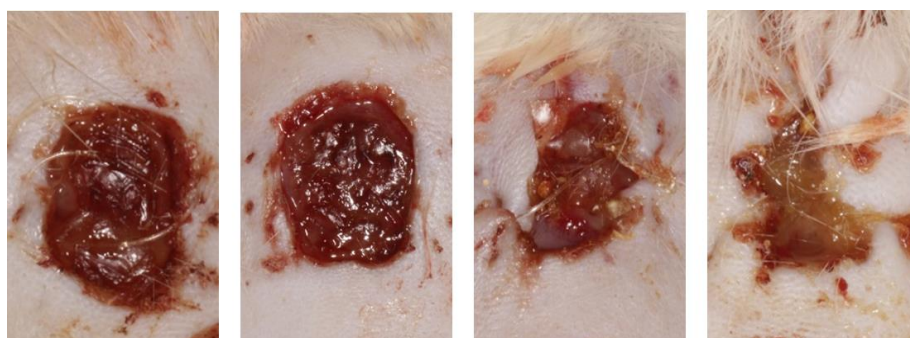


Fig. 4. Grupo control 24 hrs.

Fig. 5. Grupo con membrana de quitosano 24 hrs.



En el grupo control después de 48 hrs. Clínicamente se observa una lesión con una costra mejor formada comparada a las 24 hrs, con ausencia de secreciones purulentas, sin inflamación o edema (fig. 6).

En el grupo experimental clínicamente las membranas de quitosano aún no son absorbidas por el organismo, sin embargo, muestra una muy buena adaptación a él. La herida tiene un aspecto muy similar a la cicatrización del control. No presenta exudado purulento, edema o inflamación exuberante. La lesión es de menor tamaño comparada con la lesión control (fig. 7).



Fig. 6. Grupo control 48 hrs.

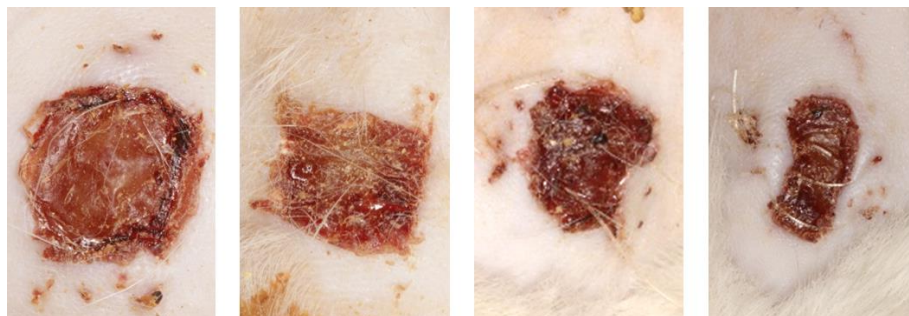


Fig. 7. Grupo con membrana de quitosano 48 hrs.

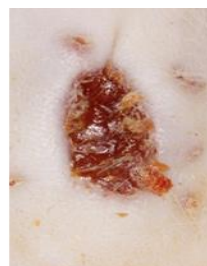
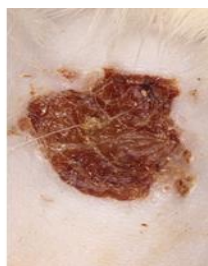
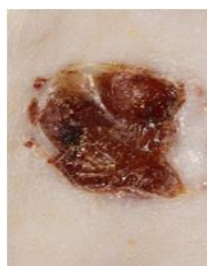
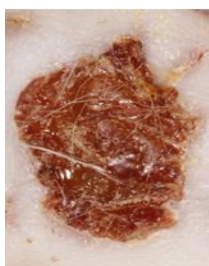
En las 72 hrs. En el grupo control los bordes de la herida son cada vez más difusos, y coincide con la fase de proliferación, remodelación y reparación del tejido. Se estableció una respuesta inmune exitosa (fig. 8).

En el grupo con membrana de quitosano se observan las lesiones de menor tamaño comparadas al grupo control, de bordes aún más difusos, el apósito de quitosano clínicamente no es distinguible de la lesión. No presenta infección, edema o inflamación exuberante (fig. 9).



Fig. 8. Grupo control 72 hrs.

Fig. 9. Grupo con membrana de quitosano 72 hrs.



El grupo control a los 14 días mostró una cicatrización más lenta, de menor calidad y de mayor tamaño, los bordes de la herida han sido traccionados hacia el centro de la lesión, pero aún no se llega a una reparación epitelial (fig. 10).

En el Grupo de membrana con quitosano el borde de las heridas ya no es visible en la mayoría de las zonas operatorias y queda una cicatriz que fue traccionada hacia el centro de la lesión y se observa una superficie epitelizada. La velocidad y calidad de cicatrización fue mayor comparada con el grupo control y con un tamaño de cicatriz considerablemente menor (fig. 11).

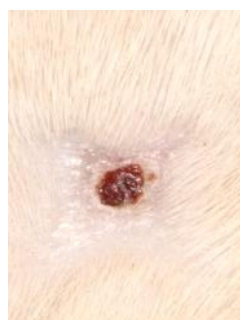


Fig. 10. Grupo control 14 días.

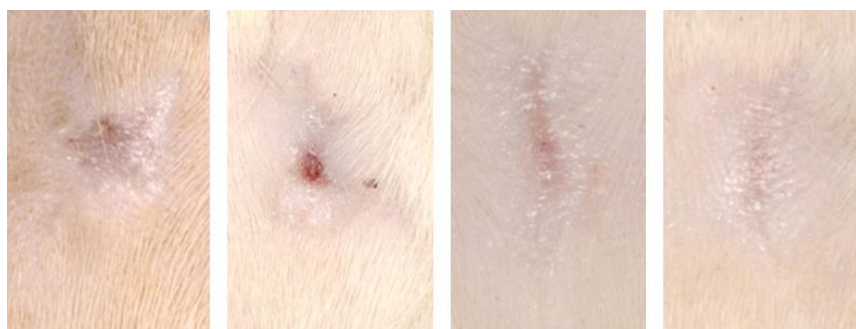


Fig. 11. Grupo con membrana de quitosano a los 14 días.

A los 28 días en el grupo control clínicamente la cicatriz no muestra ningún borde después de la cirugía, la tracción y epitelización fue exitosa. Sin embargo, el tamaño de la cicatriz residual es de mayor tamaño que las del grupo experimental con apósito de quitosano (fig. 12).

En el grupo con membrana de quitosano en los 28 días, hay una cicatrización más madura y de menor tamaño comparada con el grupo control. La calidad y velocidad de cicatrización gracias a los apósitos de quitosano, fue superior contra el grupo control (fig. 13)

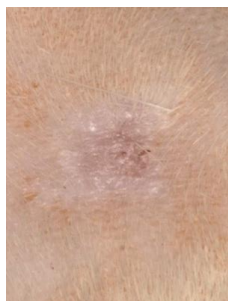


Fig. 12. Grupo control 28 días.

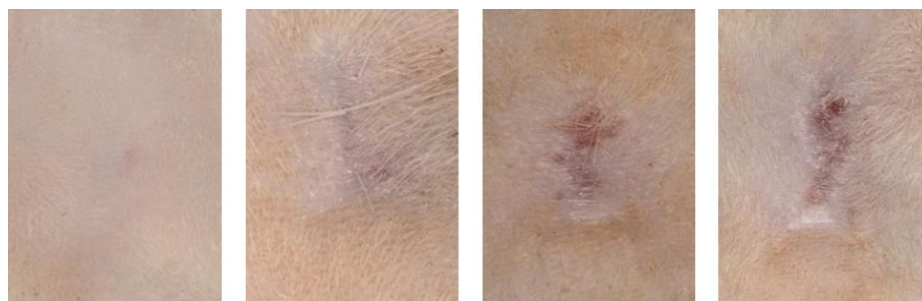


Fig. 13. Grupo con membrana de quitosano a los 28 días.

Histopatología de biopsia

El proceso de una muestra inicia al momento en que llega al departamento de patología, la muestra estuvo en formol al 10% acuoso durante 24 horas.

Una vez que la muestra estuvo fijada, se procedió a realizar los cortes de las muestras para su estudio, identificando bien la zona y localización del lomo que necesitábamos analizar, que en este caso sería desde la capa externa a la interna.

Una vez incluidas las muestras, se llevaron a un equipo llamado procesador de tejidos en el cual, por medio de alcoholes, xilol y parafinas, se hace intercambio de agua por parafina en el tejido, este proceso lleva un periodo de aproximadamente 13 horas, pasando una hora por cada recipiente. Al terminar el proceso se incluye en parafina los tejidos y se obtiene un bloque. Este bloque es cortado en un microtomo y se obtienen secciones de aproximadamente 2-3 micras que es el grosor apropiado para poder ver las células al microscopio. Se colocaron los cortes en el portaobjetos y se dejaron secar, después de desparafinar las laminillas en una plancha a 60° C durante 15 minutos. Después en el tren de tinción se quita totalmente la parafina con xilitol. Una vez teñida la laminilla, se colocaron en cubreobjetos para proteger el tejido y mantener nítido el color. Se etiquetó con su número respectivo y se mandó analizar el corte en el microscopio.

Biopsia con membrana de quitosano

Características generales: En los cortes histológicos observados teñidos con tinción de rutina en hematoxilina y eosina se observó un fragmento de mucosa revestido parcialmente por epitelio escamoso estratificado queratinizado, el cual presenta áreas de pérdida de la continuidad en las cuales se puede observar la presencia del depósito de un material a fibrilar con alta celularidad el cual se encuentra rodeado por infiltrado inflamatorio con predominio de polimorfonucleares, subyacente a este se observa un estroma de tejido fibroconjuntivo de aspecto laxo con edema, múltiples vasos sanguíneos de tamaño pequeño y fibras del músculo esquelético, se observa infiltrado inflamatorio con predominio de polimorfonucleares dispuestos de manera difusa.

En 24 horas de cicatrización se observó infiltrado inflamatorio agudo compuesto principalmente por polimorfonucleares. En las 48 horas de cicatrización se observó infiltrado inflamatorio agudo compuesto principalmente por polimorfonucleares. En los 14 días de cicatrización se observó epitelio escamoso estratificado, queratinocitos y subyacente se formó tejido conjuntivo fibroso denso con predominio de fibroblastos y de células endoteliales que forman capilares. En los 28 días de cicatrización se observó el epitelio escamoso estratificado queratinizado, tejido fibroso conjuntivo laxo con predominio de fibroblastos con glándulas sebáceas (fig.14).

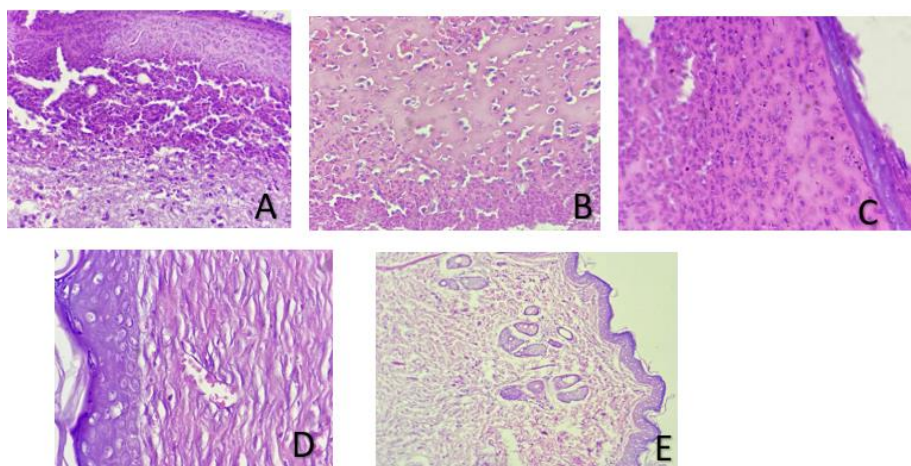


Fig. 14. Biopsias con membrana de quitosano. Cicatrización a los (A) 24 hrs., (B) 48 hrs., (C) 72 hrs., (D) 14 días., (E) 28 días.

Biopsias con clorhexidina.

Características generales: En los cortes histológicos observados teñidos con hematoxilina y eosina a diferentes aumentos se observó un fragmento de mucosa revestido parcialmente por epitelio escamoso estratificado queratinizado el cual presenta una transición hacia un área recubierta por tejido fibroconjuntivo denso irregular con presencia de infiltrado inflamatorio linfoplasmocitario que corresponde a un área de cicatrización.

En 24 horas de cicatrización se observó polimorfonucleares con escasas células plasmáticas (presentes en inflamación crónica). En las 48 horas de cicatrización se observó infiltrado inflamatorio agudo compuesto por polimorfonucleares, escasos fibroblastos y células endoteliales que forman capilares de pequeños tamaños. En las 72 horas de cicatrización se observó polimorfonucleares, escasos fibroblastos e histiocitos. En los 14 días de cicatrización se formó superficialmente epitelio escamoso estratificado (queratinocitos), subyacente tejido fibroconjuntivo denso irregular con abundante fibroblastos y células endoteliales formando pequeños vasos. En los 28 días de cicatrización se observaron queratinocitos del epitelio superficial, tejido fibroconjuntivo más laxo y la presencia de glándulas sebáceas y menos denso (fig. 15).

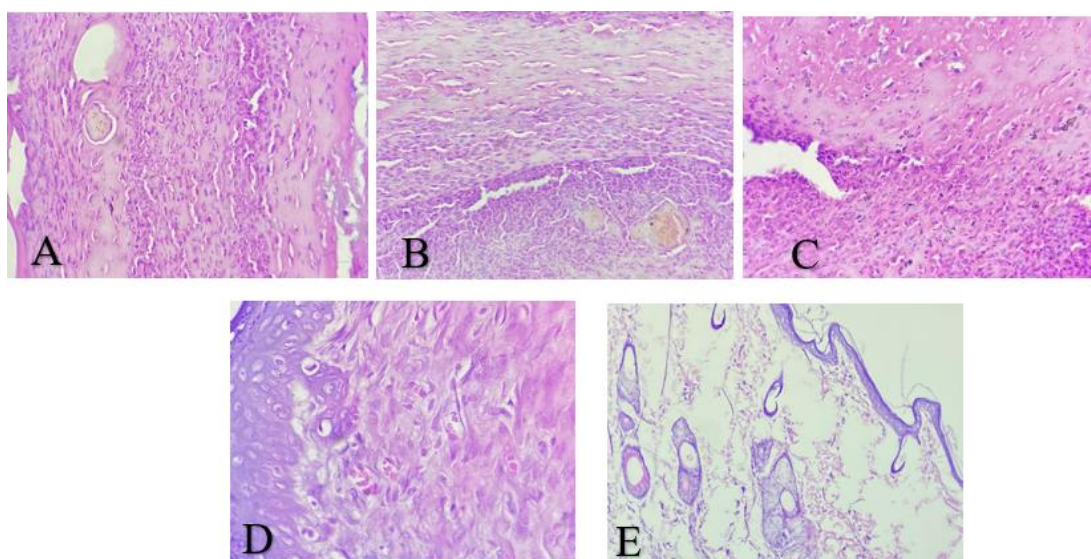


Fig. 15. Biopsias con clorhexidina. Cicatrización a los (A) 24 hrs., (B) 48 hrs., (C) 72 hrs., (D) 14 días., (E) 28 días.

DISCUSIÓN

El trasplante de fibroblastos dorsales de ratón en la cavidad de la mucosa bucal oral de los ratones crea una cicatriz, mientras que los fibroblastos de la mucosa oral colocados en heridas de la piel dorsal dan como resultado una formación mínima de cicatrices. *Rinkevich Y. et al., (2015)* sugieren que las propiedades intrínsecas de las células de la mucosa oral pueden explicar la reducción de las cicatrices observadas en la boca. En el proceso para la cicatrización de las heridas, *Velnar et al., (2009)* justifica que la cicatrización por primera intención es un proceso rápido en comparación con la cicatrización de una herida abierta con pérdida más extensa de tejido.

Dando un resultado complejo debido a que el proceso de cicatrización engloba un proceso fisiológico funcional que tiene como objetivo principal favorecer la hemostasia, estasis tisular y comodidad del paciente durante su proceso de curación y cicatrización. Por otra parte, *Strecker McGraw et al., (2007)* determinaron que, gracias a la formación de red de fibrina insoluble, la hemostasia por sí sola sería ineficaz a largo plazo.

El quitosano destaca sus diversas capacidades para ser un apósito quirúrgico con buenas propiedades y buena capacidad regenerativa, *Velasco et al., (2012)* resalta la disolubilidad del quitosano al unirse a otros compuestos, esto resulta favorable ya que produce la elaboración de películas, membranas o apósitos que tienen la capacidad regenerativa de los tejidos.

CONCLUSIÓN

Se concluye que mediante el recubrimiento de los apósitos de quitosano como un factor adicional para el proceso benéfico del proceso cicatrizal, brindan buena protección a la herida, favoreciendo la hemostasia y estasis tisular, generando un aumento en la comodidad emocional y fisiológica del paciente.

No obstante, se sugiere la realización de futuras investigaciones que vayan orientadas a la observación del funcionamiento de los apósitos de quitosano como coadyuvante en el proceso cicatrizal y sanación de las heridas ocasionadas por factores terapéuticos, quirúrgicos, tratamientos periodontales que involucren al sistema estomatognático.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Azuma, K., Izumi, R., Osaki, T., Ifuku, S., Morimoto, M., Saimoto, H., Minami, S., & Okamoto, Y. (2015). Chitin, chitosan, and its derivatives for wound healing: Old and new materials. *Journal of Functional Biomaterials*, 6(1), 104–142. <https://doi.org/10.3390/jfb6010104>
- Hilmi, A. B. M., Halim, A. S., Hassan, A., Lim, C. K., Noorsal, K., & Zainol, I. (2013). In vitro characterization of a chitosan skin regenerating template as a scaffold for cells cultivation. *SpringerPlus*, 2(1), 79. <https://doi.org/10.1186/2193-1801-2-79>
- Howling, G., Dettmar, P., Goddard, P., Hampson, F., Dornish, M., & Wood, E. (2001). The effect of chitin and chitosan on the proliferation of human skin fibroblasts and keratinocytes in vitro. *Biomaterials*, 22(22), 2959–2966. [https://doi.org/10.1016/s0142-9612\(01\)00042-4](https://doi.org/10.1016/s0142-9612(01)00042-4)
- Johnen, C., Steffen, I., Beichelt, D., Brautigam, K., Witascheck, T., Toman, N., Moser, V., Ottomann, C., Hartmann, B., & Gerlach, J. C. (2008). Culture of subconfluent human fibroblasts and keratinocytes using biodegradable transfer membranes. *Burns*, 34(5), 655–663. <https://doi.org/10.1016/j.burns.2007.08.023>
- Kale, D. T., Dani, D. N., & Patange, D. T. (2014). Periodontal dressing. *IOSR Journal of Dental and Medical Sciences*, 13(3), 94–98. <https://doi.org/10.9790/0853-13349498>
- Kojima, K., Okamoto, Y., & Kojima, K. (2004). Effects of chitin and chitosan on collagen synthesis in wound healing. *Journal of Veterinary Medical Science*, 66(12), 1595–1598. <https://doi.org/10.1292/jvms.66.1595>
- López, J. (1992). *Cirugía oral*. Interamericana, McGraw-Hill.
- Luján de Pinedo, M. E., Ayala-Jara, C. I., Castillo Saavedra, E. F., Pinedo-Torres, C. A., González-Puetate, I., & Durand-Luján, C. S. (2018). Apósito a base de *Vaccinium corymbosum* L. y quitosano con alta capacidad regenerativa de piel. *Scientia Agropecuaria*, 9(2), 223–229. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.02.07>
- Rinkevich, Y., Walmsley, G. G., Hu, M. S., Maan, Z. N., Newman, A. M., Drukker, M., Januszyk, M., Krampitz, G. W., Gurtner, G. C., Lorenz, H. P., Weissman, I. L., & Longaker, M. T.



- (2015). Skin fibrosis: Identification and isolation of a dermal lineage with intrinsic fibrogenic potential. *Science*, 348(6232), aaa2151. <https://doi.org/10.1126/science.aaa2151>
- Strecker-McGraw, M. K., Jones, T. R., & Baer, D. G. (2007). Soft tissue wounds and principles of healing. *Emergency Medicine Clinics of North America*, 25(1), 1–22. <https://doi.org/10.1016/j.emc.2006.12.002>
- Valencia, L., Martel, S., Vargas, C., Rodríguez, C., & Olivas, I. (2016). Apósitos de polímeros naturales para regeneración de piel. *Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica*, 37(3), 235–249. <https://doi.org/10.17488/rmib.37.3.4>
- Velazco, G., Gonzalez, A., & Ortiz, R. (2012). Apósitos de quitosano para el tratamiento de pie diabético. *Avances en Biomedicina*, 1(1), 38–41. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=331328086007>
- Velnar, T., Bailey, T., & Smrkolj, V. (2009). The wound healing process: An overview of the cellular and molecular mechanisms. *Journal of International Medical Research*, 37(5), 1528–1542. <https://doi.org/10.1177/147323000903700531>

