

Reporte de Casos: Membrana Regeneradora Porosa de Celulosa Bacteriana Pura en Heridas Complejas de Tipo Traumático y Postquirúrgicas

Autores/as:  Juan Manuel Nova Rodriguez. Enfermero Hospital Universitario de Bucaramanga. Director de GSIAPHO SAS. Sanamos Santander S.A.S. Docente de postgrado Universidad de Santander. Enfermero. Especialista en Cuidado a Personas con Heridas y Ostomías Universidad del Valle. Master en Gestión e Investigación de Heridas Crónicas Universidad de Cantabria. Abogado Uniciencia

Fecha de recepción: 03/04/2025

Fecha de aceptación: 24/06/2025

Nova Rodriguez, JM Reporte de Casos: Membrana Regeneradora Porosa de Celulosa Bacteriana Pura en Heridas Complejas de Tipo Traumático y Postquirúrgicas Enferm Dermatol. 2025;19(55): 10.5281/zenodo.17114701

RESUMEN

Objetivo: Evaluar la eficacia de una membrana regeneradora porosa bacteriana como reemplazo cutáneo temporal para favorecer el proceso de cicatrización.

Metodología: Se presentan siete casos clínicos en los que se aplica una membrana porosa bacteriana como apósito primario, tras la preparación del lecho de la herida. Se procedió al uso de una solución con Polihexametilbiguanida para limpieza de la herida, retiro de tejido no viable, control del proceso infeccioso, protección de bordes, aplicación de la membrana porosa bacteriana, seguida del uso de apósito secundario para el control del exudado.

Resultados: La membrana regeneradora porosa bacteriana demostró eficacia en la aceleración del proceso de cicatrización, logrando la epitelización y cierre por segunda intención en el 85% de los casos,

reducción del dolor en el 100% de los pacientes, intercambio gaseoso, control del olor y ausencia de reacciones adversas con el uso de tecnologías complementarias.

Conclusiones: La acción de Ysustituto temporal cutáneo permite proteger el lecho de la herida, adaptándose al área lesionada, promoviendo la regeneración tisular mediante la aceleración de la formación de tejido de granulación y epitelización. No contiene adhesivos, atóxica, atraumática, de textura extremadamente fina y de alta resistencia. Sus poros permiten el paso del exudado a tecnologías secundarias y su característica traslúcida permite la evaluación continua del lecho.

Palabras claves: membrana, bacteriana, cicatrización de heridas, celulosa, porosa.

ABSTRACT:

Objective: To evaluate the effectiveness of a bacterial porous regenerative membrane as a temporary skin replacement to promote the healing process.

Methodology: Seven clinical cases are presented in which a bacterial porous membrane was applied as a primary dressing after wound bed preparation. A solution containing polyhexamethylbiguanide was used to clean the wound, remove non-viable tissue, control infections, protect wound edges, apply the bacterial porous membrane, and use of a secondary dressing to control exudate.

Results: The bacterial porous regenerative membrane demonstrated efficacy in accelerating the healing process, achieving epithelialization and closure by secondary intention in 85% of cases, pain reduction in 100% of the population, gas exchange, odor control, and no adverse reactions when combined with complementary technologies.

Conclusions: The temporary skin substitute function protects the wound bed, adapts to the injured area, and promotes tissue regeneration by accelerating granulation tissue formation and epithelialization. It does not contain adhesives, is non-toxic, atraumatic, has an extremely fine texture, and is highly resistant. Its pores allow the passage of exudate to secondary technologies, and its translucent nature enables continuous wound bed evaluation.

Keywords: membrane, bacterial, wound healing, cellulose, porous.

INTRODUCCIÓN:

Las heridas agudas representan un problema significativo de salud pública debido a su impacto en la morbilidad, los costos sanitarios y la calidad de vida de los pacientes. Su epidemiología varía según la causa, la población afectada y el contexto geográfico. Estas heridas se generan de manera súbita, generalmente por trauma o intervención quirúrgica. Se estima que las heridas traumáticas afectan a más de 305 millones de personas al año al nivel mundial¹. La tasa de infección de sitio quirúrgico es la principal complicación y varía entre el 2-5% en países desarrollados y hasta el 10% en regiones con acceso limitado a medidas de control de infecciones. Impacta en las estancias hospitalarias, aumentándolas en un promedio de 7 a 10 días².

Se estima que el impacto económico en el manejo de heridas agudas representa entre el 2-4% del gasto sanitario en los países desarrollados. En países en vías de desarrollo, la falta de acceso a un tratamiento adecuado aumenta la mortalidad y el riesgo de discapacidad debido a heridas mal manejadas³. En el caso de heridas quirúrgicas crónicas, se estima que el costo anual por paciente es entre \$28,000 y \$100,000 USD, según un estudio realizado por Sen CK et al. (2022). Estos costos se elevan debido a tiempos prolongados de cicatrización,

complicaciones como infecciones y amputaciones, así como falta de acceso a tecnologías avanzadas⁴. La curación avanzada en heridas permite implementar estrategias y tecnología especializadas para optimizar el proceso de cicatrización, con el objetivo principal de acelerar la regeneración tisular, reducir infecciones y mejorar la calidad de vida de los pacientes⁴⁻⁷.

La membrana de celulosa cristalina sintetizada por bacterias es un biomaterial innovador producido por diversas especies, especialmente *Komagataeibacter xylinus*. Estas bacterias convierten las fuentes de carbono (glucosa, glicerol, etc.) en celulosa mediante una serie de reacciones enzimáticas durante el crecimiento en medios ricos en azúcares. Estas bacterias secretan nanofibras de celulosa que se autoensamblan en una matriz tridimensional flotante en la superficie del medio de cultivo. Este material, conocido como celulosa bacteriana, posee propiedades excepcionales que lo hacen ideal en el proceso de cicatrización. La celulosa bacteriana forma una red tridimensional de nanofibras entrelazadas que le confiere alta resistencia mecánica, flexibilidad y biocompatibilidad, sin generar reacciones adversas en el cuerpo. La porosidad de esta membrana, que actúa como una piel temporal, permite el intercambio gaseoso y el drenaje del exudado, manteniendo niveles óptimos de humedad en la herida. Además,

disminuye el dolor al aislar las terminaciones nerviosas, proporcionando un alivio inmediato, actúa como una barrera física que minimiza la exposición a contaminantes externos y reduce el trauma de tejido neoformado⁸.

En la fase inflamatoria, modula la respuesta inmune, regulando el microambiente inflamatorio. La celulosa bacteriana mantiene un ambiente húmedo, lo que previene la desecación del lecho de la herida y facilita la migración de células inmunitarias. Reduce la respuesta inflamatoria excesiva al minimizar la interacción con proteínas proinflamatorias como IL-1, TNF- α y prostaglandinas. Actúa como barrera física contra microorganismos, reduciendo el riesgo de infección sin la necesidad de antibióticos. Su estructura porosa y tridimensional facilita la migración de macrófagos M1-M2 y neutrófilos, promoviendo la fagocitosis de restos celulares y reduciendo la carga bacteriana en la herida. La transición de macrófagos M1 (proinflamatorios) a M2 (antiinflamatorios y reparadores) es fundamental para progresar a la fase proliferativa⁸⁻⁹.

En la fase proliferativa, estimula los fibroblastos y la producción de matriz extracelular. La celulosa bacteriana proporciona una superficie bioactiva que favorece la adhesión y proliferación de fibroblastos, promoviendo la síntesis de colágeno tipo I y III. Se ha observado

que la celulosa bacteriana aumenta la expresión de fibronectina, una proteína esencial en la organización de la matriz extracelular y migración celular. La inducción de angiogénesis, su capacidad para mantener un ambiente húmedo favorece la liberación de factores de crecimiento angiogénicos como el VEGF (factor de crecimiento endotelial vascular). La estructura nanofibrilar facilita la formación de nuevos vasos sanguíneos, mejorando la oxigenación y el aporte de nutrientes al tejido en regeneración. En la fase de remodelación acelera la migración de queratinocitos y favorece la resistencia y elasticidad del tejido reparado. No genera una respuesta inmunológica adversa, lo que la hace adecuada para apósitos de uso prolongado⁸⁻⁹.

METODOLOGÍA:

En la presente serie de casos se estableció un protocolo de manejo de cura avanzada, implementando el uso de una membrana celulosa porosa bacteriana como apósito primario en la zona intralesional. Se escogieron siete casos de pacientes con heridas agudas complejas:

1) Herida de origen traumático por quemadura por calor, 2) Herida quirúrgica abierta con exposición de material de osteosíntesis, 3) Herida quirúrgica deshiciente en pie para salvamento de extremidad, 4) Herida de origen infeccioso, gangrena de Fournier en región inter glútea, 5) Herida de fascitis necrosante en región abdominal,

6) Herida traumática con compromiso arterial en miembro inferior, 7) Herida quirúrgica de pie diabético con hipergranulación.

Se realizaron intervenciones con intervalos de cada 3 a 5 días en la unidad de heridas. Para la limpieza de las heridas, se utilizó una solución antiséptica con polihexametilbiguanida (PHMB), la cual se impregnaba en gasas estériles y se aplicaban durante 3 a 5 minutos para controlar la biocarga bacteriana. En los bordes de las heridas, se aplicó un protector cutáneo en spray de silicona en la zona peri y para lesional. Se realizaron registros fotográficos y patrones de medición. En el lecho intralesional se aplicó la membrana porosa celulosa bacteriana como apósito primario, la cual se hidrataba con PHMB. Como apósito secundario, se usaron alginato de calcio con plata, espuma hidrofílica, hidrofibra con plata e hidrocoloides, según el criterio de especialista y evolución clínica del paciente.

DESCRIPCIÓN DE CASOS CLÍNICOS:

Caso 1. Paciente masculino adulto diabético insulino dependiente con quemadura por calor con exosto de motocicleta en zona medial-lateral interna del miembro inferior derecho, menor al 1% superficie corporal. Herida con bordes definidos y presencia de

tejido de granulación, exudado de tipo seroso leve, dolor moderado (4/10). Con antecedente de manejo con hidrogeles. Derivado a especialista en heridas por hipergranulación y no cierre por segunda intención (Fig. 1A). Se realizaron intervenciones cada 5 días con el protocolo de membrana celulosa porosa bacteriana más alginato de calcio y uso de vendaje bultoso, previa lubricación de piel con ácidos grasos hiperoxigenados (Fig. 1B). En 8 intervenciones, se logró el cierre de la herida por segunda intención con epitilización del 100% (Fig. 1C).



Figura 1. Herida de origen traumático, quemadura por calor.

Caso 2. Paciente femenina adulta con obesidad mórbida, hipertensión y diabetes, quien sufrió trauma con fractura tibia y peroné y lesión en la zona patelar. Referida por ortopedia a especialista en heridas. A la valoración, herida en cara anterior con bordes definidos, presencia de tejido de granulación con puente de piel de 2 cm, lesión perilesional con granuloma y exposición de material de osteosíntesis, sin infección, exudado moderado, edema, dolor de 6/10. Con antecedente de uso de hidrocoloide e hidrogeles (Fig. 2A). Se realizaron intervenciones cada 3 días con protocolo de membrana celulosa porosa bacteriana más hidrofibra con plata y uso de vendaje bultoso, previa lubricación de piel con

ácidos grasos hiperoxigenados. En 10 intervenciones, se logró la epitilización del 70% de la herida en la zona medial y el 100% de la cobertura del material de osteosíntesis. No se dio continuidad a tratamiento debido a una nueva intervención para reconstrucción de la rótula. (Fig. 2B).



Figura 2. Herida quirúrgica abierta con exposición de material de osteosíntesis.

CASO III: Paciente masculino adulto con antecedente de enfermedad arterial oclusiva y revascularización de extremidad, quien se sometió a amputación selectiva para salvamento de extremidad. Fue remitido por equipo de salvamento de país ibérico para manejo por especialista en heridas. Usuario con herida deshiciente en la zona del antepié con compromiso dorso-plantar. Herida con bordes definidos con tejido de granulación, sin dolor, exudado moderado, y sin signos de infección (Fig. 3A). Se realizaron intervenciones cada 5 días con protocolo de membrana celulosa porosa bacteriana más alginato de plata (Fig. 3B). En 5 intervenciones, se logró la epitilización del 100% (Fig. 3C)



Figura 3. Herida quirúrgica deshiciente en pie de salvamento de extremidad.

CASO IV: Paciente femenina con gangrena de Fournier, quien fue sometida a desbridamiento quirúrgico con amplio compromiso en zona glútea derecha, interglútea y perineal (Fig. 4A). Se realizó una colostomía terapéutica para derivar el contenido fecal. Fue derivada a especialista en heridas para la preparación del lecho de la herida. Usuario con herida con compromiso de tejidos blandos, por lo que se inició el control del proceso infeccioso, retiro de tejido no viable y manejo con apósito antimicrobiano como primera fase. Se inició la terapia de presión subatmosférica para favorecer el proceso de proliferación, logrando un lecho con tejido de granulación y bordes definidos (Fig. 4B). Se inició un protocolo cada 3 días con membrana celulosa porosa bacteriana más hidrocoloide. En 30 intervenciones, se logró la epitelización del 100% de la herida con la corrección total del defecto tegumentario y se iniciaron los trámites para el cierre de la colostomía (Fig. 4C).



Figura 4. Herida de origen infeccioso gangrena de Fournier en región interglútea.

CASO V: Paciente femenina con fascitis necrosante, quien fue sometida a desbridamiento quirúrgico con amplio compromiso en flanco derecho (Fig. 5A). Fue derivada a especialista en heridas para la preparación del lecho de la herida. Usuario con herida con compromiso de tejidos blandos, por lo que se inició con apósito antimicrobiano

e hidrogeles amorfos como primera fase. Una vez corregido el proceso infeccioso, se inició la terapia con apósito de colágeno bovino para favorecer el proceso de proliferación, logrando un lecho con tejido de granulación y bordes definidos (Fig. 5b). En la fase tres, se inició el protocolo de membrana celulosa porosa bacteriana más hidrocoloide. Con intervenciones cada 5 días. En 20 intervenciones, se logró la epitelización del 100% de la herida, sin complicaciones y reincorporación del usuario a sus actividades diarias (Fig. 5C).



Figura 5. Herida de fascitis necrosante en región abdominal.

CASO VI: Paciente masculino adulto con traumatismo en pierna derecha, en la cara lateral externa, con necrosis seca en zona superior de la lesión, compromiso de tejidos blandos y necrosis húmeda en zona perimaleolar (Fig. 6A). El índice tobillo-brazo fue de 0.5, los pulsos infrapatelares no eran palpables y el dolor era de 9/10. Se realizó una angioplastia de salvamento y posterior remisión a especialista en heridas. Se inició la preparación del lecho de la herida esquema DOMINATE, con la retirada del tejido no viable mediante terapia hidroquirúrgica (Fig. 6B), y se inició el protocolo de membrana celulosa porosa bacteriana más alginato de calcio.

Las intervenciones se realizaron cada 4 a 5 días durante 4 meses (Fig. 6C). En 20 procedimientos, se logró el 100%

de epitelización de la herida, sin dolor, ni eventos adversos, y el paciente se reintegró a sus actividades laborales (Fig. 6D).



Figura 6. Herida traumática con compromiso arterial en miembro inferior.

CASO VII: Paciente masculino adulto con antecedente de diabetes e hipertensión quien es remitido a especialista por herida en cara lateral interna del pie izquierdo con compromiso de tejidos blandos, hipergranulación, exudado moderado de tipo seroso, y sin signos de infección. Paciente con neuropatía, por lo que se inició el protocolo de membrana de celulosa bacteriana más espuma hidrofílica y descarga de la zona. Se limitó la movilidad y se indicó deambulación en muletas. Se realizaron 15 intervenciones con intervalo de cada 3 días, logrando el cierre por segunda intención y epitelización de la herida.



Figura 7. Herida quirúrgica de pie diabético con hipergranulación.

DISCUSION:

El uso de la membrana porosa de origen bacteriano en el manejo de heridas agudas de alta complejidad demostró su efectividad no solo en el proceso de cicatrización, sino también en el manejo del dolor, lo que impacta directamente

en el calidad de vida de los pacientes. Resultados similares fueron obtenidos en otros estudios de tipo experimental.

Coelho G.A et al (10). evaluaron la eficacia de los apósitos de nanoceulosa de pino, membrana de celulosa bacteriana y tratamiento convencional para el tratamiento en quemaduras de segundo grado. Este fue un estudio experimental controlado y aleatorizado en animales. Se conformaron tres grupos con 10 ratas cada uno. Se indujeron quemaduras de segundo grado mediante exposición de agua hirviendo. El grupo 1 (control) fue tratado con gasa, el grupo 2 con membrana de celulosa bacteriana (membracel), y el grupo 3 con membrana de celulosa de pino. Se observó la formación de costras en grupo de control con gasas, mientras que los grupos tratados con nanocelulosa y celulosa bacteriana no presentaron costras. En cuanto a la contracción de la lesión, los grupos 2 y 3 mostraron un patrón de cicatrización favorable en comparación con el grupo de control. A nivel microscópico, se encontró predominio de colágeno maduro en los grupos tratados con membracel y nanocelulosa de pino.

Cavalcanti L.M et al (11). evaluaron la eficacia de la membrana celulosa bacteriana en el tratamiento de úlceras venosas, en un ensayo clínico aleatorizado y controlado. Se incluyeron 25 pacientes, de los cuales el grupo de control fue tratado con apósitos

impregnados con aceite de triglicéridos, y el grupo experimental con membrana de celulosa bacteriana.

Los resultados obtenidos demostraron que, aunque en ambos grupos se presentó una reducción significativa en el tamaño de la úlcera, sin infección ni reacciones adversas, el grupo experimental tratado con la membrana de celulosa bacteriana presentó además una reducción más rápida del dolor, lo que permitió la suspensión temprana de uso de analgésicos en comparación con el grupo de control.

Barros Lunes C.A et al (12), en su estudio sobre la eficacia de dos combinaciones terapéuticas en la cicatrización de las úlceras venosas, realizaron un ensayo clínico controlado aleatorizado, con seguimiento de 28 pacientes durante 24 semanas, los cuales se asignaron a dos grupos. Ambos grupos recibieron intervenciones comunes como actividades educativas, ejercicios físicos, reposo con elevación de piernas, suplementación nutricional, limpieza con solución salina y polihexametilbiguanida. Las terapias tópicas y compresivas diferían: el grupo A recibió aplicación de papaína del 2% al 4% en la fase 1 y terapia compresiva y apósito primario en la fase 2; el grupo B, aplicación de hidrogel al 2% en la fase 1 y terapia compresiva con membrana de celulosa bacteriana en la fase 2. Los resultados obtenidos en la reducción de la herida mostraron disminuciones significativas en ambos grupos, así como una disminución significativa del

dolor antes, durante y después del cambio de apósito.

En los casos expuestos, se aplicó un protocolo de cura avanzada estableciendo conductas desde la limpieza de la herida con soluciones antisépticas de tipo activo, protección de bordes, control del exudado, control de la infección y la indicación de una membrana de celulosa bacteriana en un lecho intralesional apto para su aplicación. Esto favoreció los procesos de cicatrización en la fase de proliferación y remodelación, con uso de tecnologías secundarias que potenciaron el efecto del apósito primario sin generar reacciones adversas en los pacientes intervenidos. En el 100% de los casos presentados, se apreció una aceleración en la regeneración tisular, así como una mejoría en la atención clínica y en la relación costo beneficio.

CONCLUSIONES

Los apósitos de membrana de celulosa porosa bacteriana han mostrado una eficacia en el proceso de cicatrización, en la formación del tejido de granulación y epitelización para el cierre por segunda intención en heridas agudas de alta complejidad. En la población estudiada se logró la cobertura de material de osteosíntesis con tejido de granulación, la epitelización completa en el 85% de la población, el control del dolor logrando suspender el uso de analgésicos y anestésicos antes, durante y después de las

intervenciones, ya que actúa como una barrera física aislando las terminaciones nerviosas libres expuestas en la solución de continuidad que compromete la dermis.

Además, favorece el intercambio gaseoso, ya que los poros de la membrana permiten el paso del exudado al apósito secundario controlando el olor y favoreciendo la protección de los bordes de la herida.

Cabe resaltar que, a diferencia de otras membranas, la celulosa de origen bacteriano no contiene lignina, ni hemicelulosa, elementos que pueden provocar fenómenos alérgicos en los pacientes. Además, debido a su pureza, la membrana es mucho más resistente y maleable, permitiendo adaptarse a cualquier lecho de la herida.

Es necesario seguir investigando y desarrollando estudios con otro tipo de diseño metodológico que permitan seguir demostrando la efectividad y su impacto en el costo-beneficio de tratamiento de cura avanzada, para que los sistemas de salud puedan ver los beneficios y los pacientes puedan acceder a este tipo de tecnologías.

BIBLIOGRAFÍA

1. World Health Organization. (2023). Global report on trauma care and injury prevention.
2. Centers for Disease Control and Prevention. (2022). Guidelines for the Prevention of Surgical Site Infections.
3. National Health Service.

(2023). Economic impact of wound care in the UK health system.

4. Sen CK et al. (2022). Human wound and its burden: an updated compendium. *Advances in Wound Care*.

5. European Wound Management Association (EWMA). (2023). Best practice in wound healing technologies.

6. Journal of Wound Care. (2023). Innovations in chronic wound treatment.

7. C. K., Gordillo, G. M., Roy, S., Kirsner, R., Lambert, L., Hunt, T. K., Gottrup, F., Gurtner, G. C., & Longaker, M. T. (2009). Human skin wounds: A major and snowballing threat to public health and the economy. *Wound Repair and Regeneration*, 17(6), 763-771.

8. Pang, M., Huang, Y., Meng, F., Zhuang, Y., Liu, H., Du, M., ... & Cai, Y. (2020). Application of bacterial cellulose in skin and bone tissue engineering. *European Polymer Journal*, 122, 109365.

9. Helenius, G., Bäckdahl, H., Bodin, A., Nannmark, U., Gatenholm, P., & Risberg, B. (2006). In vivo biocompatibility of bacterial cellulose. *Journal of Biomedical Materials Research Part A*, 76(2), 431-438.

10. Coelho, G. A., Magalhães, M. A. B., Matioski, A., Ribas-Filho, J. M., Magalhães, W. L. E., Claro, F. C., ... & Malafaia, O. (2020). Pine nanocellulose and bacterial nanocellulose dressings are similar in the treatment of second-degree burn? Experimental study in rats. *ABCD. Arquivos Brasileiros de Cirurgia Digestiva (São Paulo)*, 33, e1533.

11. Cavalcanti LM, Pinto FCM,

Oliveira GM, Lima SVC, Aguiar JLA, Lins EM. Efficacy of bacterial cellulose membrane for the treatment of lower limbs chronic varicose ulcers: a randomized and controlled trial. *Rev Col Bras Cir.* 2017 Jan- Feb;44(1):72-80.

12. De Barros Nunes, C. A., Melo, P. G., Malaquias, S. G., Amaral, K. V. Á., Alves, G. R., Meira, A. A, Bachion, M. M. (2019). Effectiveness of two bundles in venous leg ulcer healing: a randomized controlled trial. *Journal of Vascular Nursing*, 37(4), 232-245.8.