

REPÚBLICA DOMINICANA
UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
ESCUELA DE ODONTOLOGÍA



**TRABAJO FINAL PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE DOCTOR EN
ODONTOLOGÍA**

*"Comparación de Membrana Politetrafluoroetileno (PTFE) y Membrana de Colágeno
para la Preservación Alveolar, Una Revisión bibliográfica"*

Sustentantes:

Marian Quintana Camero (21-0364)

Karla Saladín (21-0237)

DOCENTE TITULAR:

Dra. Helen Rivera

DOCENTE ESPECIALIZADO:

Dra. Adela Romero

Los conceptos expuestos en la presente
investigación son de la exclusiva
responsabilidad de los autores.

Distrito Nacional, Santo Domingo de Guzmán

Julio 2024

Dedicatoria

Este proyecto va dedicado a mis padres Frank Quintana y Yenitza Camero, quienes me impulsan día a día a dar lo mejor de mí, los que abogan por mis sueños y metas, los responsables de mis logros, y los que me han inculcado una vida llena de valores como la perseverancia, la responsabilidad, respeto y empatía. Este logro, que hoy celebro con tanto orgullo, es un testimonio de su amor y dedicación. Agradezco a Dios por permitirme alcanzar esta meta y por colocar en mi camino a las personas correctas.

Concluyo mi carrera universitaria de grado con el corazón rebotado de satisfacción.

Marian Quintana Camero

Este trabajo está dedicado a todas las personas que me han apoyado y guiado a lo largo de este viaje académico.

A Dios, por servir de guía, refugio y darme la fortaleza y la sabiduría necesarias para superar cada desafío. Que mi vida y carrera reflejen su gracia y misericordia.

A mis padres Juan Karlos Saladin y Julissa Gonzalez, les dedico este acontecimiento y todo gracias a su amor y apoyo incondicional. Sus sacrificios y su confianza en mí han sido fundamentales para alcanzar este logro. Todo lo que soy y he logrado se lo debo a ustedes.

Karla Saladin González

Agradecimientos

Finalizo una etapa enriquecedora de mi vida, y quiero expresar mi más sincero agradecimiento a quienes hicieron posible este logro. En primer lugar, a Dios, por brindarme la fuerza, la sabiduría y la perseverancia necesarias para alcanzar esta meta. A mis padres, quienes han sido mi pilar fundamental en este viaje. Gracias por su inspiración, amor incondicional, su apoyo constante y sus innumerables sacrificios. Sus palabras de aliento y su fé en mí han sido la motivación que me ha impulsado a seguir adelante en los momentos más difíciles. El éxito que alcanzó hoy no solo es mío, sino también suyo. A mi hermana, y abuelos, que han estado a mi lado apoyándome a lo largo de este trayecto, sin ustedes esto no hubiese sido posible. También, a mis amigos y colegas que han vivido este arduo proceso junto a mi, y me han ayudado a forjarme tanto personal como profesionalmente.

A mi asesora de tesis, Dra. Adela Romero, agradezco profundamente su dedicación, paciencia y valiosos consejos. Su orientación experta y su compromiso con mi formación académica han sido esenciales para la culminación de este trabajo. Gracias por creer en nosotras y por guiarnos con tanto esmero a lo largo de este proceso.

Por último, pero no menos importante, deseo expresar mi más profunda gratitud a mi colega, compañera y amiga Karla Saladín. Desde el primer día de nuestra carrera, has sido un pilar fundamental en mi desarrollo profesional. Tu presencia y apoyo han dejado una huella imborrable en mi vida, y por ello, estaré agradecida por siempre.

Marian Quintana Camero

Primero y ante todo, quiero expresar mi más sincero agradecimiento a Dios, por las bendiciones que me ha otorgado, por la fé y perseverancia que me brinda día a día. Por estar presente en esos momentos de duda y ser mi consuelo, mi refugio y mi fortaleza. Que mi vida y carrera sean un testimonio de su gracia y misericordia.

Agradezco profundamente a mi familia en especial a mi padre Juan Karlos Saladin y a mi madre Julissa Gonzalez por su amor y apoyo incondicional, por sus sacrificios y por creer en mí en cada etapa de este proyecto. Por ser mis primeros maestros, mis protectores y mis más grandes admiradores. Todo lo que soy y lo que he logrado es gracias a ustedes. Este logro es tanto vuestro como mío.

Agradezco especialmente a mi asesora de tesis, la Dra. Adela Romero quien aceptó el desafío de guiarnos y supervisar. Por su valiosa orientación, su paciencia, dedicación y su constante apoyo durante todo este proceso. Gracias por cada corrección y cada consejo que me dejó. Ha formado una gran parte de mi formación tanto personal como profesional, siempre recordaré con gratitud todo lo que he aprendido con usted.

Finalmente, agradezco a mi compañera de tesis y colega Marian Quintana. Gracias por tu invaluable apoyo, por las largas horas de estudio y trabajo compartidas. Gracias por estar presente en el trayecto de mi formación tanto en la carrera como en la vida. Tu amistad y compañerismo han hecho de esta experiencia algo verdaderamente especial. Es un honor compartir este logro contigo.

Karla Saladin González

Resumen

Objetivos: Desarrollamos las competencias para la diferenciación significativa entre la membrana de PTFE y la membrana de colágeno, donde se evaluó la formación de tejido blando sobre la membrana en pacientes tratados con las diferentes membranas, comparar el impacto de la tasa de éxito, y analizar la tasa de complicaciones postoperatorias entre grupos tratados con ambas membranas. **Metodología:** Para llevar a cabo esta investigación descriptiva, se consultaron diversas bases de datos como EBSCO, buscadores científicos PUBMED y Google Scholar y páginas web especializadas como Medscape y ScienceDirect. El propósito del mismo fue generar aportes originales al conocimiento en este campo en específico. **Conclusiones:** La preservación alveolar con membranas es crucial tras una extracción dental para mantener la cresta alveolar asegurando la estabilidad dimensional y facilitando futuros procedimientos protésicos y estéticos. Las membranas de colágeno son biocompatibles y eficaces en la cicatrización, mientras que las de PTFE, especialmente las de alta densidad (d-PTFE), previenen la penetración de tejido y bacterias. Aunque ambas membranas tienen similar ganancia ósea, las d-PTFE sobresalen en la preservación de la encía y la estabilidad estética. Las de colágeno son más manejables y presentan menos complicaciones, mientras que las de PTFE reducen la contaminación y son fáciles de remover.

Palabras clave: Preservación alveolar, membrana de colágeno, membrana de PTFE, odontología, cicatrización.

Abstract

Objectives: We developed the skills for significant differentiation between the PTFE membrane and the collagen membrane, where the formation of soft tissue on the membrane was evaluated in patients treated with the different membranes, comparing the impact of the success rate, and analyzing the rate of postoperative complications between groups treated with both membranes. **Methodology:** To carry out this descriptive research, various databases such as EBSCO, scientific search engines PUBMED and Google Scholar, and specialized websites like Medscape and ScienceDirect were consulted. The purpose was to generate original contributions to the knowledge in this specific field. **Conclusions:** Alveolar preservation with membranes is crucial after a dental extraction to maintain the alveolar ridge, ensuring dimensional stability and facilitating future prosthetic and aesthetic procedures. Collagen membranes are biocompatible and effective in healing, while PTFE membranes, especially high-density ones (d-PTFE), prevent tissue and bacterial penetration. Although both membranes have similar bone gain, d-PTFE stands out in gum preservation and aesthetic stability. Collagen membranes are more manageable and present fewer complications, while PTFE membranes reduce contamination and are easy to remove.

Keywords: Alveolar preservation, collagen membrane, PTFE membrane, dentistry, healing.

Índice

1. Introducción.....	8
2. Planteamiento del problema.....	10
2.1 Preguntas de la investigación.....	14
3. Objetivo general.....	15
3.1 Objetivos específicos.....	15
4. Marco teórico.....	16
4.1. Antecedentes históricos.....	16
4.1.1 Contextualización de la preservación alveolar y su importancia en la odontología.....	16
4.1.2 Historia y evolución de la aplicación de membranas de PTFE y colágeno en odontología.....	17
4.1.3 Breve descripción de las membranas de politetrafluoroetileno (PTFE) y membranas de colágeno en la preservación alveolar.....	18
4.2. Preservación alveolar.....	19
4.2.1 Anatomía del hueso alveolar y su importancia en la colocación de membrana....	19
4.2.2 Proceso de reabsorción ósea y su impacto en la estabilidad del sitio de extracción dental.....	21
4.2.3 Objetivos y técnicas de preservación alveolar.....	22
4.3 Membrana de Politetrafluoroetileno (PTFE).....	25
4.3.1 Definición y composición del PTFE.....	25
4.3.2 Tipos de membranas de politetrafluoroetileno.....	26
4.4. Membrana de Colágeno.....	27
4.4.1 Definición y composición del colágeno.....	27
4.4.3 Ventajas y desventajas.....	30
4.5 Comparación entre membranas de PTFE y colágeno.....	31
4.5.1 Estudios comparativos de la eficacia clínica de las membranas de PTFE y colágeno en preservación alveolar.....	31
4.5.2 Consideraciones sobre complicaciones y tasas de éxito a largo plazo.....	41
5. Marco metodológico.....	45
5.1 Tipo de estudio.....	45
5.2 Estrategia de búsqueda.....	45
5.3 Criterios de búsqueda.....	45
6. Discusión.....	46
7. Conclusiones.....	51
8. Recomendaciones.....	53
9. Prospectiva.....	55
10. Referencias Bibliográficas.....	56

1. Introducción

La preservación alveolar es una técnica odontológica esencial para mantener el volumen óseo tras una extracción dental, lo cual es crucial para facilitar futuras rehabilitaciones protésicas. Esta técnica busca minimizar la reabsorción ósea y mantener la estructura anatómica del alveolo, ofreciendo una base sólida para la colocación de implantes dentales y otras restauraciones. La preservación alveolar no solo mejora los resultados estéticos y funcionales, sino que también reduce la necesidad de procedimientos adicionales de regeneración ósea, lo que puede simplificar el tratamiento y mejorar la experiencia del paciente.

Entre las diversas técnicas y materiales disponibles para la preservación alveolar, las membranas de barrera juegan un papel fundamental. Dos tipos de membranas ampliamente utilizados en este proceso son la membrana de politetrafluoroetileno (PTFE) y la membrana de colágeno. La membrana de PTFE, conocida por su estabilidad y resistencia a la degradación, ofrece una barrera física efectiva que previene la infiltración de tejido no deseado en el sitio de regeneración ósea. Sin embargo, esta membrana puede presentar desafíos en su manejo clínico, como el riesgo de exposición y la necesidad de una segunda intervención para su retirada.

Por otro lado, la membrana de colágeno, derivada de materiales biológicos, es altamente biocompatible y facilita la integración con los tejidos circundantes. Su capacidad para reabsorberse de manera natural elimina la necesidad de una segunda intervención quirúrgica para su retirada. No obstante, la membrana de colágeno puede degradarse más rápidamente, lo que podría comprometer su función de barrera antes de que se complete la regeneración ósea.

Este estudio tiene como objetivo comparar de forma exhaustiva la membrana de Politetrafluoroetileno (PTFE) y la membrana de colágeno en la preservación alveolar después de extracciones dentales. Dentro de nuestro contenido abordaremos a profundidad las propiedades, ventajas, limitaciones y aplicaciones clínicas de ambas membranas en la preservación alveolar. A través de una revisión exhaustiva de la literatura y el análisis de casos clínicos, se proporcionará una guía detallada para la selección y el uso optimizado de estos materiales en diferentes escenarios clínicos. Al comprender mejor las características específicas y el rendimiento clínico de las membranas de PTFE y colágeno, los profesionales de la odontología podrán tomar decisiones más informadas y mejorar los resultados de sus tratamientos de preservación alveolar.

2. Planteamiento del problema

Esta revisión tiene como objetivo reunir evidencia científica que permita a los profesionales odontológicos simplificar procedimientos, evaluando los efectos de la regeneración tisular guiada y la regeneración ósea guiada. Se compararon las membranas reabsorbibles de colágeno y las membranas no reabsorbibles de PTFE, investigando sus indicaciones, contraindicaciones, ventajas, desventajas, complicaciones, éxito, fracaso y tiempos de cicatrización. La adecuada recuperación de los pacientes depende en gran medida de estos factores.

Dado que las membranas de colágeno y PTFE son las más comúnmente utilizadas para estos procedimientos, se llevará a cabo una síntesis de la evidencia disponible para ofrecer a los clínicos una guía de atención clínica utilizando estos materiales biocompatibles. Esta guía ayudará a los profesionales a tomar decisiones informadas sobre cuándo es más conveniente utilizar una membrana u otra, con el objetivo de aumentar la tasa de éxito en este tipo de procedimientos.

La extracción dental induce un micro-traumatismo en el hueso que acelera la remodelación ósea caracterizada en una serie de complejos eventos funcionales, estructurales y fisiológicos. La reabsorción de la cresta alveolar se ha considerado una consecuencia inevitable de la extracción dental siendo una condición progresiva e irreversible que podría originar problemas estéticos, protésicos y funcionales. ¹

En vista de lo anterior expuesto, luego de una extracción dental se fomenta la formación de hueso en el alveolo con la preservación alveolar. La preservación alveolar es el procedimiento que se realiza al momento de una extracción y permite

conservar las dimensiones y el contorno del alveolo. Hay diversas técnicas para preservación las cuales están diseñadas para prevenir tanto como sea posible los cambios ocurridos al retirar un órgano dentario. El tratamiento de elección para reemplazar la funcionalidad, estabilidad biológica y estética de un diente, es a través de la colocación de implantes dentales, cuya colocación posterior a la preservación alveolar reduce los cambios dimensionales del reborde alveolar. La reabsorción ósea se comporta de forma acelerada en los primeros 6 meses, seguida de un modelado gradual dimensional y remodelado óseo del hueso remanente, reabsorbiendo hasta 40 % de altura y 60 % de ancho alveolar, siendo la mayor parte de la reabsorción durante los primeros 3-6 meses.² La preservación del hueso alveolar y del tejido blando se puede lograr mediante la colocación inmediata del implante después de la extracción del diente o mediante un protocolo diferido.³

Sin embargo, existen casos donde la colocación de implante post-extracción no es factible. Primero la presencia de eventuales patologías como una osteoporosis de grado elevado que involucre las bases maxilares con evidente hipomineralización ósea; nefropatías que por su gravedad tengan reflejos negativos en la hemo coagulación y en la atrofia ósea, diabetes no controlada por los posibles problemas derivados para la curación de los tejidos y de sobreinfección de los sitios quirúrgicos.

4

También, los implantes post-extracción se encuentran contraindicados cuando no existe estabilidad primaria del implante ya que no se logrará la osteointegración, cuando el nivel óseo es pobre y si existe una recesión gingival mayor a 4mm, y la presencia de una lesión o infección apical la cual es un factor de riesgo, no una

contraindicación absoluta para la colocación inmediata de implantes. Sin embargo, se debe realizar el desbridamiento del alvéolo. Se debe sopesar cuidadosamente la presencia de una infección periapical.

En estos casos se opta por preservación alveolar tras membranas, aun cuando las cuatro paredes estén íntegras. ³

El uso de membranas como preservación alveolar es comúnmente reconocido debido a que son utilizadas para limitar la reabsorción del reborde alveolar y maximizar la formación del tejido óseo dentro del alvéolo. ⁵ Ha demostrado ser una técnica eficaz de preservación alveolar al proporcionar un entorno propicio para la regeneración de tejido óseo. Entre las membranas de barrera utilizadas en la regeneración ósea guiada, la membrana politetrafluoroetileno (PTFE) y la membrana de colágeno son dos opciones comúnmente empleadas. El politetrafluoroetileno (PTFE) es un polímero de fluorocarbono inerte, biocompatible, no poroso, no permite el crecimiento del tejido hacia adentro y no provoca reacción de cuerpo extraño. ⁶

Por otro lado, el colágeno ha sido uno de los materiales más utilizados en medicina para reparar daños o traumas químico-mecánicos, ya sea en piel o mucosas, debido a su biocompatibilidad, su capacidad para promover la cicatrización de heridas y la capacidad de degradarse de forma natural con el tiempo. ⁷

Sin embargo, a pesar de la frecuente utilización de ambas membranas en la práctica clínica, presentan riesgos y complicaciones que se deben valorar a la hora de elegir una sobre la otra. La membrana politetrafluoroetileno (PTFE) puede ir acompañada

de complicaciones como exposición de la membrana y diversos grados de infección bacteriana, mientras que las membranas de colágeno tradicionales suelen ser inestables y pueden colapsar formando defectos o deformarse bajo carga, lo que resulta en una alteración de la regeneración del tejido óseo.⁸

Por lo tanto, surge la necesidad de evaluar la membrana de PTFE y la membrana de colágeno en la preservación alveolar. Este estudio propone revisar ambas membranas exhaustivamente para proporcionar un aporte significativo de información relevante y actualizada.

Esta revisión tiene como objetivo reunir evidencia científica que permita a los profesionales odontológicos simplificar procedimientos, evaluando los efectos de la regeneración tisular guiada y la regeneración ósea guiada. Se examinaron las membranas reabsorbibles de colágeno y las membranas no reabsorbibles de PTFE, investigando sus indicaciones, contraindicaciones, ventajas, desventajas, complicaciones, éxito, fracaso y tiempos de cicatrización. La adecuada recuperación de los pacientes depende en gran medida de estos factores.

Dado que las membranas de colágeno y PTFE son las más comúnmente utilizadas para estos procedimientos, se llevará a cabo una síntesis de la evidencia disponible para ofrecer a los clínicos una guía de atención clínica utilizando estos materiales biocompatibles. Esta guía ayudará a los profesionales a tomar decisiones informadas sobre cuándo es más conveniente utilizar una membrana u otra, con el objetivo de aumentar la tasa de éxito en este tipo de procedimientos.

2.1 Preguntas de la investigación

- 1. ¿Existen diferencias significativas entre la membrana de PTFE y la membrana de colágeno en cuanto a resultados clínicos secundarios, tales como la formación de tejido blando sobre la membrana?*
- 2. ¿Cuál es el impacto de la membrana de PTFE y la membrana de colágeno en la tasa de éxito del procedimiento de preservación alveolar?*
- 3. ¿Cuál es la incidencia de complicaciones intraoperatorias y postoperatorias asociadas con el uso de membranas de PTFE y de colágeno en la preservación alveolar?*

3. Objetivo general

Realizar una comparación exhaustiva entre la membrana de Politetrafluoroetileno (PTFE) y la membrana de colágeno en la preservación alveolar después de extracciones dentales.

3.1 Objetivos específicos

1. Evaluar la formación de tejido blando sobre la membrana en pacientes tratados con membrana de PTFE y colágeno.
2. Comparar el impacto en la tasa de éxito de la membrana de PTFE y la membrana de colágeno.
3. Analizar la tasa de complicaciones postoperatorias entre los grupos tratados con ambas membranas.

4. Marco teórico

4.1. Antecedentes históricos

4.1.1 Contextualización de la preservación alveolar y su importancia en la odontología.

La preservación de la cresta alveolar (ARP) se conoce como "un procedimiento para detener o minimizar la resorción de la cresta alveolar después de la extracción del diente para un futuro tratamiento protésico, incluida la colocación de implantes dentales".⁹ ARP se describió por primera vez como "mantenimiento óseo" en 1982,¹⁰ y es sinónimo de preservación del alvéolo, preservación de la cresta, injerto de alvéolo y aumento del alvéolo. En cuanto a la regeneración ósea guiada y su factor de importancia a la hora de la preservación alveolar, tomamos en cuenta que sus principios radican en base a crear un espacio aislado entre el hueso y la membrana.

¹⁰ El uso de una membrana elimina el problema de la migración epitelial y de tejido blando hacia los defectos óseos, lo que da como resultado una mejor regeneración del hueso mediante la repoblación celular selectiva, mediante células osteoprogenitoras ¹¹, además de proteger el coágulo sanguíneo durante las primeras etapas de curación.¹²⁻¹³⁻¹⁴⁻¹⁵

Estas pueden ser tanto reabsorbibles como no reabsorbibles. Las membranas no reabsorbibles muestran un mayor relleno óseo y una respuesta favorable del tejido marginal. Las membranas reabsorbibles no requieren una segunda cirugía para su extracción y muestran una buena cicatrización de los tejidos blandos.⁹ Como requerimiento general, es de suma importancia que las membranas proporcionen función de barrera, sean bioseguras, biocompatibles y contengan las propiedades

mecánicas apropiadas. Además, se espera que las membranas tengan principios bioactivos para promover la regeneración de tejidos.¹⁶⁻¹⁷

4.1.2 Historia y evolución de la aplicación de membranas de PTFE y colágeno en odontología.

En la década de 1970, el Dr. Paul Nyman introdujo el uso de membranas de colágeno para aislar el defecto periodontal y permitir la regeneración ósea. Esta innovación marcó el comienzo de la era moderna de la ROG.¹⁸ Melcher del año 1976¹⁹ en los que demostró que era posible obtener una *curación a partir de los tejidos perdidos* siempre y cuando evitáramos la repoblación de la superficie dañada por otras estirpes celulares indeseadas mediante barreras mecánicas, se introdujo el término de regeneración, que fue experimentada en humanos posteriormente por Nyman y Gottlow¹⁸, siendo este último el que acuñase el término definitivo que hoy conocemos como regeneración tisular guiada (RTG).

A medida que la investigación continuaba, se descubrieron nuevos materiales y técnicas para mejorar la eficacia de la ROG. Las membranas reabsorbibles de ácido poliláctico y ácido poliglicólico se introdujeron en la década de 1990, ofreciendo una alternativa a las membranas no reabsorbibles y eliminando la necesidad de una segunda cirugía para su extracción.²⁰ En la década de 2000, la aplicación de factores de crecimiento y células madre en combinación con la ROG comenzó a ganar popularidad. Estos avances permitieron una regeneración ósea más rápida y predecible, abriendo nuevas posibilidades para la rehabilitación oral en pacientes con pérdida ósea significativa.¹⁹

4.1.3 Breve descripción de las membranas de politetrafluoroetileno (PTFE) y membranas de colágeno en la preservación alveolar

Hoy en día, las membranas no reabsorbibles más comúnmente utilizadas en operaciones de regeneración tisular guiada son el politetrafluoroetileno expandido y el politetrafluoroetileno denso (dPTFE).¹⁸

Se han estudiado ampliamente las membranas no reabsorbibles y especialmente el politetrafluoroetileno expandido (e-PTFE, teflón). Según datos, se ha visto su biocompatibilidad y que también mantienen su integridad estructural durante la implantación. Tienen propiedades de mantenimiento del espacio y capacidad de oclusión celular superiores a las membranas degradables, ya que estas tienen la desventaja de tendencia al colapso dependiendo del tamaño del defecto.²¹

Otras membranas no reabsorbibles son el ePTFE reforzado con titanio, el PTFE de alta densidad o la malla de titanio que son vastamente utilizadas en cirugía oral y maxilofacial.²²

Las membranas reabsorbibles ofrecen diversas ventajas respecto a las no reabsorbibles. Como se mencionó anteriormente, las membranas no reabsorbibles requieren una segunda intervención quirúrgica para su extracción y muestran una mejor tasa de cicatrización de los tejidos blandos. Por lo tanto, han ganado amplia aceptación y en muchos casos han reemplazado a las membranas de PTFE, estableciéndose como el estándar en la mayoría de las situaciones clínicas. Sin embargo, existe una escasez de estudios bien diseñados que comparen directamente las membranas reabsorbibles con las no reabsorbibles.²³⁻²⁴

Otros estudios han corroborado que ciertos microorganismos pueden adherirse y colonizar las membranas expuestas, creando así un potencial lecho de infección. La adhesión microbiana se ha relacionado con la infección y el posterior rechazo de

numerosos biomateriales. Algunas bacterias pioneras tienen la capacidad de adherirse inicialmente a los biomateriales, proliferar y desencadenar infecciones, o bien, coagregarse con microorganismos secundarios.²⁵

4.2. Preservación alveolar

4.2.1 Anatomía del hueso alveolar y su importancia en la colocación de membrana.

El hueso alveolar hace parte del denominado periodonto o conjunto de estructuras que rodean y dan soporte al diente, conformado por la encía, el ligamento periodontal y el cemento. A su vez, el hueso alveolar está formado por dos estructuras: el proceso alveolar y la cortical alveolar.²⁶

Este proceso de cicatrización consiste de cuatro etapas, cada una asociada a un evento biológico característico: formación del hematoma (sangrado y coagulación), 2) degradación del coágulo y limpieza de la herida (fibrinólisis), 3) formación de tejido granular (fibroplasia y angiogénesis), y 4) síntesis y mineralización de nuevo hueso (modelamiento y remodelamiento óseo).²⁸ La reabsorción ósea alveolar es una consecuencia inevitable de la extracción dental. En los 2-3 años posteriores a la extracción, se pierde aproximadamente el 40-60% de la altura y anchura alveolar, siendo la mayor parte de la reabsorción durante los primeros 3-6 meses.²⁹⁻³⁰⁻³¹⁻³² La pérdida ósea continúa a un ritmo del 0.25-1% hasta la muerte.²⁹⁻³⁰⁻³¹

Por sus investigaciones, Lekovic et al²² encontraron que, tras una extracción dental, se pierde en promedio 3.7 mm o el 45 % de la dimensión de la cresta horizontal. Sin embargo, en los sitios donde se realizó una preservación de la cresta, la pérdida fue

de solo 1.5 mm o el 18 %. Esto indica que la preservación alveolar con membranas es muy eficaz para prevenir la mayor parte de la pérdida de la dimensión de la cresta horizontal que suele ocurrir tras la extracción del diente.

Para el paciente, esto tiene implicaciones tanto funcionales como estéticas. Si desean tener implantes dentales u otros procedimientos protésicos más adelante, la cresta alveolar puede no proporcionar un soporte adecuado. El paciente puede necesitar intervenciones quirúrgicas costosas y estresantes para facilitar el tratamiento deseado, y asume un mayor riesgo de complicaciones y fracaso del implante. La pérdida de dientes y hueso alveolar también puede alterar la estructura del rostro, dar una apariencia envejecida prematuramente e impactar la autoconfianza del individuo.

Independientemente o no de si el paciente tiene la intención de tener implantes en el momento de la extracción, siempre se debe considerar la preservación del alvéolo. Varios estudios han demostrado que los injertos óseos que preservan el alvéolo reducen notablemente la tasa de reabsorción ósea alveolar y previenen la posterior recesión de la papila interdental, preservando la altura, anchura y densidad necesarias de la cresta alveolar para futuros implantes.³⁰⁻³¹

Para la regeneración exitosa del hueso alveolar, la tasa de osteogénesis debe superar la tasa de fibrogénesis de los tejidos epiteliales y conectivos circundantes.³⁴ Esto ocurre en la formación ósea natural, donde el hueso se desarrolla en un espacio cerrado con una infiltración limitada de células epiteliales o de tejido conectivo, lo que permite la formación ósea sin inhibiciones. Sin embargo, en el caso

de los procedimientos de regeneración ósea, la herida está en gran medida desprotegida de dicha infiltración.

Colocar una membrana de barrera sobre el injerto óseo crea un espacio aislado que imita las condiciones naturales necesarias para la formación ósea. Excluye las células epiteliales y del tejido conectivo de la herida mientras permite la proliferación de osteoblastos, las células responsables principalmente de la formación ósea. De la misma manera, se ha demostrado que la pérdida de altura y anchura alveolar en presencia de una membrana es considerablemente menor que en los alvéolos dejados para cicatrizar naturalmente, con una calidad ósea también considerada ideal para la colocación posterior de implantes. En el estudio de Raspall G. del año 2002, los injertos óseos perdieron hasta un 35% de densidad a las 16 semanas cuando se colocaron sin una membrana, en comparación con sólo un 10% de pérdida con una membrana.³⁵

Por otro lado, se ha demostrado que las membranas comprometidas (expuestas o colapsadas) están asociadas con niveles más bajos de regeneración ósea.³³

4.2.2 Proceso de reabsorción ósea y su impacto en la estabilidad del sitio de extracción dental.

La reabsorción alveolar post-extracción es un fenómeno fisiológico que ocurre tras la extracción dentaria por el cual la cresta ósea alveolar ve disminuida su altura y anchura original, en una cantidad que puede variar entre distintas localizaciones e individuos. La pérdida de la dentición natural da lugar a una reducción de la estimulación física del hueso alveolar, produciéndose una reabsorción ósea que es irreversible, crónica y acumulativa.³⁴

La curación de un alvéolo tras una extracción dentaria se caracteriza por cambios internos, que conducen a la formación de hueso en el interior del alvéolo y cambios externos que conducen a la pérdida de la altura y anchura de la cresta alveolar. Este proceso reparativo presenta dos fenómenos importantes, el proceso de reabsorción osteoclástica y la interrupción de la vascularización aportada al alvéolo a través del ligamento periodontal. Ambos producen una tendencia a la reabsorción del alvéolo dentario, sobre todo en las zonas de escaso grosor como las regiones vestibulares en los sectores anteriores superiores e inferiores.³⁶

La reabsorción de los maxilares tras la pérdida dentaria es mayor durante el primer año y ocurre a una velocidad más acusada durante los tres primeros meses. Se han encontrado grandes diferencias entre el maxilar y la mandíbula, siendo la tasa de reabsorción cuatro veces mayor en la mandíbula que en el maxilar.³⁶ Para minimizar la reabsorción externa de la cresta y maximizar la formación ósea dentro del alvéolo manteniendo los niveles de tejidos duros y blandos se han descrito diferentes técnicas y materiales de injerto en la regeneración ósea y para la preservación alveolar como injertos óseos compuestos, xenoinjertos, aloinjertos, injertos autólogos, técnicas de regeneración ósea guiada, con membranas reabsorbibles o no y la distracción alveolar.³⁶

4.2.3 Objetivos y técnicas de preservación alveolar.

La preservación de alveolo se describe como la técnica donde después de la extracción dental se colocan dentro del alveolo materiales de relleno, y estos pueden estar o no cubiertos por una membrana. Con el objetivo de minimizar la reabsorción

ósea, evitando el colapso del alveolo. Por lo tanto, es importante realizar una exodoncia atraumática para conservar las estructuras anatómicas, dando como resultado una mejor calidad y cantidad de hueso alveolar después de la cicatrización. Este punto es uno de los factores más importantes que determinan el éxito de la preservación del alvéolo.³⁷

Técnicas:

Mediante injertos óseos: Varios materiales de injertos óseos han mostrado resultados positivos en muchos escenarios clínicos, estos materiales intentan reducir la atrofia del reborde con técnicas que han sido sugeridas, mostrando resultados positivos para minimizar la atrofia del reborde alveolar y la nueva formación de hueso dentro del alveolo.³⁸

La selección de material de injerto debe basarse en los siguientes criterios: tener un suministro ilimitado, ser biológicamente inerte (no hay reacción inmunológica), facilitar la revascularización, ser completamente reemplazado por hueso nuevo, fácil uso y manejo, ser hidrofílico y adherirse al hueso.³⁹

Los injertos óseos se dividen en:

Los injertos óseos se clasifican en cuatro categorías principales. El autoinjerto implica la transferencia de tejido óseo de una parte del cuerpo a otra en el mismo paciente. Se extrae de sitios como la cresta iliaca, la calota y la tibia, así como del mentón, la rama mandibular y la tuberosidad. Este tipo de injerto es considerado el estándar de oro debido a sus propiedades osteoinductivas, osteoconductoras y osteogénicas, y la ausencia de riesgo de transmisión de enfermedades entre el

donante y el receptor, aunque requiere una segunda cirugía. El aloinjerto, por otro lado, implica la transferencia de tejido óseo de un individuo a otro de la misma especie, generalmente de un cadáver a un paciente. Está disponible en formas mineralizadas, desmineralizadas y liofilizadas, no requiere una segunda cirugía y puede presentarse en forma de bloque o particulado, aunque sus cantidades son limitadas. Los xenoinjertos son injertos óseos donde el donante es de una especie diferente al receptor, como injertos bovinos o porcinos. Aunque también están disponibles en cantidades limitadas y no requieren una segunda cirugía, carecen de propiedades osteoinductivas y osteogénicas. Por último, los injertos aloplásticos consisten en materiales de injerto de origen sintético, como la hidroxiapatita, el vidrio bioactivo y los materiales cerámicos, que solo actúan como materiales de relleno osteoconductivos.³⁹

Mediante membranas: Estas presentan como ventajas la estimulación de la agregación plaquetaria, aumento de la red de fibrina, evitando que migren las células de tejido blando a la zona del injerto óseo. Además, el colágeno es un agente hemostático y posee la capacidad para estimular la agregación plaquetaria y aumentar la red de fibrina que puede conducir a la formación inicial del coágulo, la estabilidad y la maduración ósea.⁴⁰ Estudios experimentales demostraron que las membranas, cuando se aplican sobre los defectos de hueso, actúan como una barrera física, impidiendo la competencia con las células de la mucosa y evitando que éstas migren, respetando el injerto óseo.⁴¹⁻⁴²⁻⁴³

Las membranas se pueden dividir en dos categorías, basadas en las propiedades de absorción: membranas reabsorbibles y no reabsorbibles. Las membranas

reabsorbibles pueden ser derivado de colágeno, las cuales no necesitan remoción, mejoran la cicatrización de tejidos blandos y tiene como desventaja la falta de rigidez para mantener el espacio, por lo tanto necesitan de un material de apoyo. Otros materiales como el poliéster sintético, el polyglactin 9-10, el ácido poliglicólico no son tan utilizados en la actualidad.⁴⁴

Por otro lado, las membranas no reabsorbibles son de politetrafluoretileno (PTFE). Las dos desventajas principales de las membranas no reabsorbibles son el potencial de exposición durante la cicatrización y la subsecuente colonización por bacterias orales que pueden comprometer los resultados clínicos, y la necesidad de una segunda cirugía para retirar la membrana.⁴⁴

Algunas de las dificultades asociadas con el uso de membranas, incluyen: potencial de reducción de encía queratinizada, alteraciones del los contornos gingivales, migración de la unión mucogingival como resultado del desplazamiento coronal del colgajo para lograr el cierre de tejidos blandos sobre la membrana.⁴⁴

4.3 Membrana de Politetrafluoroetileno (PTFE)

4.3.1 Definición y composición del PTFE.

El politetrafluoroetileno es un polímero de fluorocarbono inerte, biocompatible, no poroso, no permite el crecimiento del tejido hacia adentro y no provoca reacción de cuerpo extraño, provoca mínima reacción tisular inflamatoria en una variedad de tejidos donde es colocado, cuando se fabrica adecuadamente permite que el tejido

crezca hacia adentro y ha sido empleado como material para injerto vascular por más de 20 años.⁴⁵

Las membranas PTFE constan principalmente de dos partes muy bien diferenciadas. Por un lado observamos un collar de microestructuras abiertas para inhibir la migración epitelial que corresponde a la porción coronal de la membrana, la cual tiene 1 mm de espesor y un 90% de porosidad. Por el otro lado, nos encontramos una parte parcialmente oclusiva, que sirve para aislar la superficie radicular de los tejidos subyacentes. Esta parte tiene 0.15mm de espesor y 30% de porosidad.⁴⁵

Entre las ventajas que posee la membrana de PTFE se encuentra que previene mecánicamente el contacto de células epiteliales y conectivas con la superficie radicular, por un fenómeno de inhibición de contacto y que por su superficie lisa impide la colonización bacteriana disminuyendo así el riesgo de infecciones en el sitio tratado.⁴⁵

4.3.2 Tipos de membranas de politetrafluoroetileno.

Existen dos tipos principales de membranas de politetrafluoroetileno (PTFE) no reabsorbibles: la de alta densidad (d-PTFE) y la expansible (e-PTFE).

La membrana de alta densidad (d-PTFE) tiene un espesor que varía entre 150 y 250 micrones, con porosidades menores a 0,3 micrones para evitar el paso de bacterias. Estas características hacen que las nuevas membranas no reabsorbibles sean más versátiles al permitir su exposición a la cavidad oral.⁴⁶

Por otro lado, la membrana expansible (e-PTFE), puede ser con o sin refuerzo de titanio. Está compuesta por una estructura de micro porosidades abiertas en su porción coronal para evitar la migración epitelial, con un espesor de 1 mm y una porosidad del 90%. Además, cuenta con una parte parcialmente oclusiva que aísla la superficie radicular de los tejidos subyacentes, con un espesor de 0.15 mm y una porosidad del 30% (con distancia inferior a 8 mm entre los nodos).⁴⁷

Mazzucchi et al. ⁶³ , comparan los tipos de membranas de PTFE y exponen que la membrana de PTFE expandido (e-PTFE) consiste en nodos densos de material, interconectados por fibrillas de PTFE que permiten el transporte transmembranoso de nutrientes; Mientras que la membrana de PTFE densa (d-PTFE) consiste en una estructura densa y libre de fibrillas con amplios espacios que resulta en una barrera eficiente para evitar la penetración no solo de tejido fibroso, sino también de bacterias.

Domenico et al. ⁶⁴, también comparan los tipos de membranas de PTFE y establecen que las membranas de PTFE expandido (e-PTFE) se han reportado como más efectivas para fomentar la regeneración ósea pero no pueden quedar expuestas a la cavidad oral, por lo que requieren otro procedimiento quirúrgico para ser retiradas.

4.4. Membrana de Colágeno

4.4.1 Definición y composición del colágeno

Las membranas de colágeno están compuestas principalmente de fibras de colágeno, que es la proteína más abundante en el tejido conectivo de los mamíferos,

incluidos los humanos. Estas membranas se utilizan como barreras biológicas para proteger los sitios de defectos óseos o tejidos blandos, permitiendo al mismo tiempo la regeneración y reparación de los tejidos.⁴⁸

Las membranas de colágeno están compuestas principalmente de colágeno tipo I, que representa el 25% de las proteínas en el cuerpo humano y alrededor del 80% de las proteínas en el tejido conectivo. Este se organiza en agregados de fibras mediante polimerización.⁴⁹⁻⁵⁰

En el cuerpo humano, el colágeno experimenta una continua remodelación a través de procesos de degradación y síntesis. El colágeno tipo I es degradado exclusivamente por la enzima colagenasa y muestra resistencia a la degradación proteolítica no específica. La biocompatibilidad, biodegradabilidad y baja inmunogenicidad del colágeno lo convierten en un material ventajoso para una amplia gama de aplicaciones en disciplinas farmacéuticas.⁵¹

El colágeno tiene una baja capacidad para desencadenar respuestas inmunes, principalmente debido a ciertas partes de su estructura. Estas partes pueden ser eliminadas por enzimas, lo que produce una forma de colágeno con aún menos probabilidad de causar reacciones alérgicas. Esta forma del mismo es resistente a la degradación y es ideal para ser utilizado en dispositivos médicos implantables.

Además, también tiene otras ventajas, como detener el sangrado, atraer a las células que ayudan a reparar los tejidos y facilitar su manipulación. Se comenzó a

utilizar en tratamientos médicos en la década de 1980 para ayudar en la regeneración de tejidos.⁵²⁻⁵³

4.4.2 Tipos

Existen diversos tipos de barreras utilizadas en procedimientos de preservación alveolar. Las barreras de colágeno, derivadas de esta macromolécula extracelular, son metabólicamente absorbidas y tienen propiedades como la quimiotaxis para los fibroblastos, la hemostasia y la capacidad de servir como andamio para la migración celular. Por otro lado, las barreras cartilaginosas, obtenidas de bueyes, se reabsorben en un período de 30 a 60 días después del procedimiento.⁵¹

El ácido poliláctico, un polímero biodegradable inicialmente utilizado en cirugía ortopédica, ha sido objeto de investigación reciente en aplicaciones dentales. Asimismo, las barreras basadas en ácido poligláctico, aunque prometedoras, pueden causar recesión gingival, exposición de la barrera e inflamación del tejido blando, mostrando reabsorción gradual y migración epitelial con el tiempo.⁵⁴

La celulosa oxidada, una malla hemostática reabsorbible, se convierte en una masa gelatinosa al entrar en contacto con la sangre y se reabsorbe sin efectos adversos. Por otro lado, las barreras Vicryl periodontal, sintéticas y biodegradables, pueden presentar una desventaja debido a su escasa rigidez en comparación con las membranas no reabsorbibles.⁵¹

La poliglactina 910, compuesta por un material sintético inerte, se reabsorbe por hidrólisis del éster en un período de 60 a 90 días. Esta membrana ha mostrado

resultados positivos, como la nueva inserción de tejido y la ganancia de inserción horizontal y vertical en defectos de furca, con una baja tasa de exposición de la membrana y pocos efectos adversos observados en los sitios tratados. Además, las proteínas derivadas de la matriz del esmalte (EMD), comercializadas como Emdogain, se extraen de porcinos jóvenes y se han utilizado en procedimientos periodontales.⁵⁴

4.4.3 Ventajas y desventajas.

Estos tipos de membranas reabsorbibles ofrecen ventajas como la minimización de complicaciones y costos bajos, además de evitar la necesidad de cirugías adicionales (Figura 1). Por consiguiente, estas membranas se prefieren cuando se busca obtener resultados similares a los de las no reabsorbibles.⁵⁵

Figura 1 Ventajas y desventajas de las membranas de colágeno.

Materiales	Ventajas	Desventajas
Polímeros naturales		
colágeno	<ul style="list-style-type: none"> - Alta biocompatibilidad - Función de barrera favorable - Promoción de la cicatrización de heridas - Sin extirpación quirúrgica 	<ul style="list-style-type: none"> - Biodegradación difícil de controlar - Baja resistencia mecánica - Agentes reticulantes residuales - Posible transmisión de enfermedades
Otros polímeros naturales (alginato, quitosano)	<ul style="list-style-type: none"> - Biocompatibilidad favorable - No extirpación quirúrgica 	<ul style="list-style-type: none"> - Función barrera cuestionable - Biodegradación difícil de controlar - Pocos estudios
Polímeros sintéticos		
Poliésteres alifáticos (PLA, PGA y PCL), estos copolímeros	<ul style="list-style-type: none"> - Biocompatibilidad favorable - Función de barrera favorable - Alta reproducibilidad - Biodegradabilidad y propiedades mecánicas controlables - Sin extirpación quirúrgica 	<ul style="list-style-type: none"> - Resistencia mecánica relativamente baja - Citotoxicidad del subproducto de degradación

Fuente: Sasaki JI, Abe GL, Li A, Thongthai P, Tsuboi R, Kohno T, Imazato S. Barrier membranes for tissue regeneration in dentistry. *Biomater Investig Dent.* 2021 May 20;8(1):54-63.

Sin embargo, pueden presentar deficiencias en la regeneración tisular debido a la reducción de volumen y los subproductos de degradación. Las membranas de colágeno de origen animal plantean preocupaciones relacionadas con virus residuales y agentes de reticulación. En general, las membranas biodegradables tienen una menor resistencia mecánica en comparación con las mallas de titanio y PTFE no biodegradables, lo que dificulta su eficacia para crear espacio en la regeneración ósea guiada (GBR). Por lo tanto, en GBR, se suelen combinar con sustitutos óseos para mantener la integridad de la membrana y facilitar la creación de espacio.⁵⁵

4.5 Comparación entre membranas de PTFE y colágeno

4.5.1 Estudios comparativos de la eficacia clínica de las membranas de PTFE y colágeno en preservación alveolar.

Arbab et al.⁵⁶ realizaron un ensayo clínico aleatorizado, controlado y ciego a un total de 24 pacientes que participaron por un periodo de 4 meses para comparar el efecto de una membrana de colágeno reabsorbible (grupo CM) versus una membrana de politetrafluoroetileno (grupo PTFE) sobre los resultados clínicos e histológicos de un procedimiento de preservación de crestas. Los 24 sitios recibieron un aloinjerto de esponjosa intrasocket más un xenoinjerto de superposición facial. Los resultados mostraron que el cambio en el ancho de la cresta ósea horizontal fue de $-1,4 \pm 1,2$ mm para el grupo CM, mientras que el grupo de PTFE perdió $-2,2 \pm 1,5$ mm, lo que no fue estadísticamente significativo entre los grupos ($P > 0,05$). El cambio en la

altura de la cresta vertical fue de $-1,2 \pm 1,5$ para el grupo CM, mientras que el grupo de PTFE perdió $-0,5 \pm 1,6$, lo que no fue significativamente diferente entre los grupos ($P > 0,05$). El porcentaje de hueso vital fue similar y no significativamente diferente entre los grupos. No se obtuvo el cierre primario y la porción de membrana expuesta sobre la abertura del alvéolo curó con tejido queratinizado.

Figura 2 Postextracción #10. Nótese la fenestración facial debido a una lesión periapical. *B*, aloinjerto de esponjosa intrasocket mezclado con 20 mg/ml de solución de doxiciclina y el injerto de recubrimiento facial de xenoinjerto derivado de bovino. *C*. Se recorta la membrana de colágeno para cubrir el material del injerto óseo. *D*, Curación de 4 meses después del tratamiento antes del reingreso para la colocación del implante. *E*, Cresta expuesta antes de la extracción del núcleo de trépano y la colocación del implante.



Fuente: Hussain Arbab, Greenwell H, Hill M, Morton D, Vidal R, Shumway B, et al. Ridge Preservation Comparing a Nonresorbable PTFE Membrane to a Resorbable Collagen Membrane. *Implant dentistry* [Internet].

2016 Feb 1;25(1):128–34.

En este estudio, no hubo diferencias significativas entre una membrana de colágeno reabsorbible y una membrana de PTFE no reabsorbible en las dimensiones de ancho o alto de la cresta o en la composición histológica del hueso. No se intentó el cierre primario y la porción de membrana de colágeno expuesta sobre la apertura del alvéolo se reabsorbió a las 8 semanas. La exposición de la membrana no pareció tener ningún efecto adverso sobre la curación ósea y el área expuesta se curó con tejido queratinizado.

Treviño et al. ⁶⁶ indican que el uso exclusivo de una membrana de politetrafluoroetileno de alta densidad (fd-PTFE) en la preservación inmediata del reborde alveolar impide la penetración del tejido conectivo en el alvéolo dentario. Esta técnica no solo actúa como una barrera efectiva contra la infiltración de tejidos no deseados, sino que también favorece significativamente la formación de nuevo hueso en el sitio de extracción. Según el estudio, la nueva formación ósea se produce en un periodo aproximado de 17 meses tras la remoción de la membrana, lo que permite conservar la altura inicial del alvéolo dentario. Esto es crucial en la preservación inmediata del reborde alveolar, ya que evita la pérdida de hueso en sentido apico-coronal, asegurando una estructura ósea adecuada para futuros procedimientos dentales. Además, la membrana de fd-PTFE proporciona un entorno estable y protegido que promueve la regeneración ósea, lo cual es esencial para el éxito de la rehabilitación dental a largo plazo.

Las membranas de colágeno se han destacado en el campo de la odontología regenerativa debido a sus múltiples propiedades beneficiosas. Estas membranas naturales y reabsorbibles, derivadas de fuentes humanas, porcinas o bovinas, son ampliamente utilizadas en la regeneración periodontal y la preservación del reborde

alveolar. La abundancia de colágeno tipo I en el tejido conectivo periodontal las hace especialmente adecuadas para aplicaciones dentales.

Muhammad et al ⁶⁵ habla acerca de las principales ventajas de las membranas de colágeno es su biocompatibilidad, que permite una integración favorable con los tejidos circundantes sin provocar reacciones inmunológicas adversas. Estudios previos han demostrado que el colágeno favorece la proliferación de fibroblastos gingivales, lo que es esencial para la cicatrización de heridas y la regeneración de tejidos periodontales. A diferencia del politetrafluoroetileno expandido (ePTFE), el colágeno no inhibe la síntesis de fibroblastos, lo que destaca su superioridad en términos de biocompatibilidad.

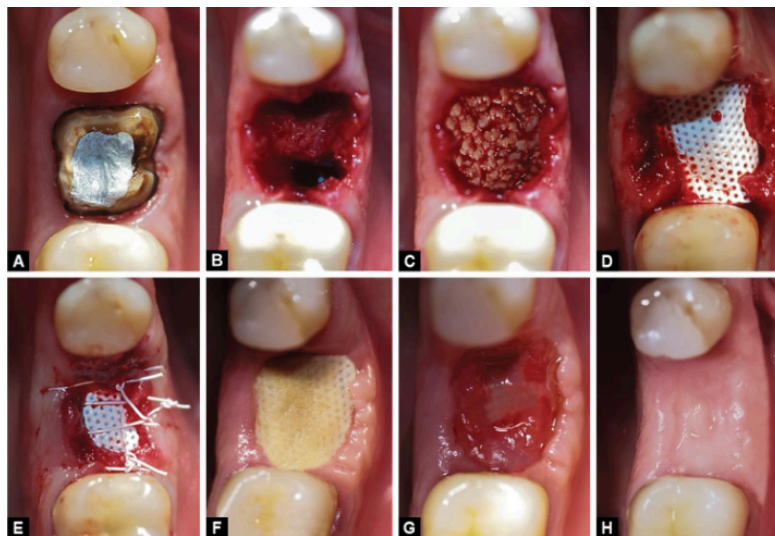
La combinación de membranas de colágeno con injertos óseos ha mostrado resultados clínicos prometedores. Los injertos óseos no solo proporcionan capacidad osteoinductiva sino que también ayudan a mantener el espacio necesario para la regeneración ósea. Además, la incorporación de factores de crecimiento, como el factor de crecimiento derivado de plaquetas recombinante humano BB (rhPDGF-BB), ha demostrado ser eficaz en aumentar el grosor gingival y mejorar la regeneración periodontal. Estudios han indicado que el uso de matrices de colágeno infundidas con rhPDGF-BB puede aumentar significativamente el grosor del tejido, lo que es crucial para la estabilidad a largo plazo de los implantes dentales ⁷⁸.

Mazzucchi et al.⁶³ , evaluaron con la ayuda de microscopía electrónica las superficies de las membranas de D-PTFE que se dejaron expuestas de manera intencionada en 6 casos de preservación alveolar y se retiraron a los 28 días.

Informan que en los procedimientos de preservación alveolar, la exposición de la membrana se considera un factor de riesgo para el fracaso del procedimiento

quirúrgico porque puede conllevar a la contaminación de la membrana, la exposición del injerto y, con ello, el fracaso de formación de hueso nuevo. Sin embargo, las membranas de D-PTFE, se están empleando con frecuencia en estos casos de dehiscencias de tejido blando puesto que evita el paso de líquidos, partículas o bacterias a través de ella, siempre y cuando, haya sido fijada y estabilizada de manera correcta.

Figura 3 Procedimientos quirúrgicos: (A) Un primer molar mandibular; (B) El alvéolo después de su extracción; (C) nc-HA en el alvéolo post-extracción; (D) Membrana d-PTFE cubriendo el injerto; (E) Sutura de PTFE; (F) Aspecto de la membrana; (G) Los tejidos gingivales subyacentes después de 28 días; (H) Aspecto gingival después de 7 meses.



Fuente: Mazzucchi G, Lollobrigida M, Laurito D, Di Nardo D, Berlutti F, Passariello C, et al.

Microbiological and FE-SEM Assessment of d-PTFE Membrane Exposed to Oral Environment after Alveolar Socket Preservation Managed with Granular nc-HA. J Contemp Dent Pract. 2020

Apr;21(4):404–9.

En este estudio no se encontraron diferencias significativas entre las dos superficies de la membrana ni entre los diferentes sectores. La cantidad media de bacterias medida en el lado superior de la membrana fue de $6,52 \pm 0,50$ UFC, mientras que en el lado inferior fue de $6,59 \pm 0,40$ UFC. Dado que la cantidad de bacterias

encontradas fue baja, la impermeabilidad mejorada de la membrana d-PTFE permitió que el proceso de curación transcurra sin incidentes y sin signos de infección o inflamación. Se concluye que la membrana de D-PTFE se caracteriza por su baja porosidad, por lo que la contaminación microbiana es menos frecuente en este tipo de membranas en comparación con membranas menos densas como la E-PTFE, además son fáciles de remover debido a que, la falta de porosidad, previene el sobre crecimiento celular sobre su superficie, pero requiere una firme estabilización.

Bassir et al.⁵⁷ realizaron una revisión sistemática y un metanálisis destinados a evaluar la eficacia de los procedimientos de preservación de la cresta alveolar en términos de cambios dimensionales del tejido duro y determinar los factores clínicos que afectan los resultados de estos procedimientos. Se incluyeron estudios que compararon los procedimientos de preservación de la cresta alveolar con la extracción dental sola que informaron resultados cuantitativos para los cambios dimensionales del tejido duro.

La variable de resultado primaria fueron los cambios dimensionales horizontales del hueso alveolar. Los análisis de subgrupos evaluaron los efectos del cierre de la herida, la elevación del colgajo, el tipo de materiales de injerto, el uso de membranas de barrera, el uso de factores de crecimiento, la morfología del alvéolo y la posición de los dientes sobre los resultados de los procedimientos de preservación de la cresta alveolar. Se incluyeron veintinueve estudios y se realizaron análisis cuantitativos para siete variables de resultado. Se encontraron diferencias significativas entre los sitios de preservación de la cresta alveolar y los de control para seis variables de resultado, todas favoreciendo los procedimientos de preservación de la cresta alveolar.

La magnitud del efecto para la variable de resultado primaria (cambios dimensionales horizontales del hueso alveolar) fue de 1,86 mm. Esta magnitud del efecto para la variable primaria (según lo determinado por el análisis de subgrupos) también se vio afectada significativamente por el tipo de cierre de la herida, el tipo de materiales de injerto, el uso de membranas de barrera, el uso de factores de crecimiento y la morfología del alvéolo. Los procedimientos de preservación de la cresta alveolar son eficaces para minimizar la pérdida dimensional del tejido duro posterior a la extracción. Los resultados de estos procedimientos se ven afectados por la morfología de los alvéolos de extracción, el tipo de cierre de la herida, el tipo de materiales de injerto, el uso de membranas de barrera y el uso de factores de crecimiento.

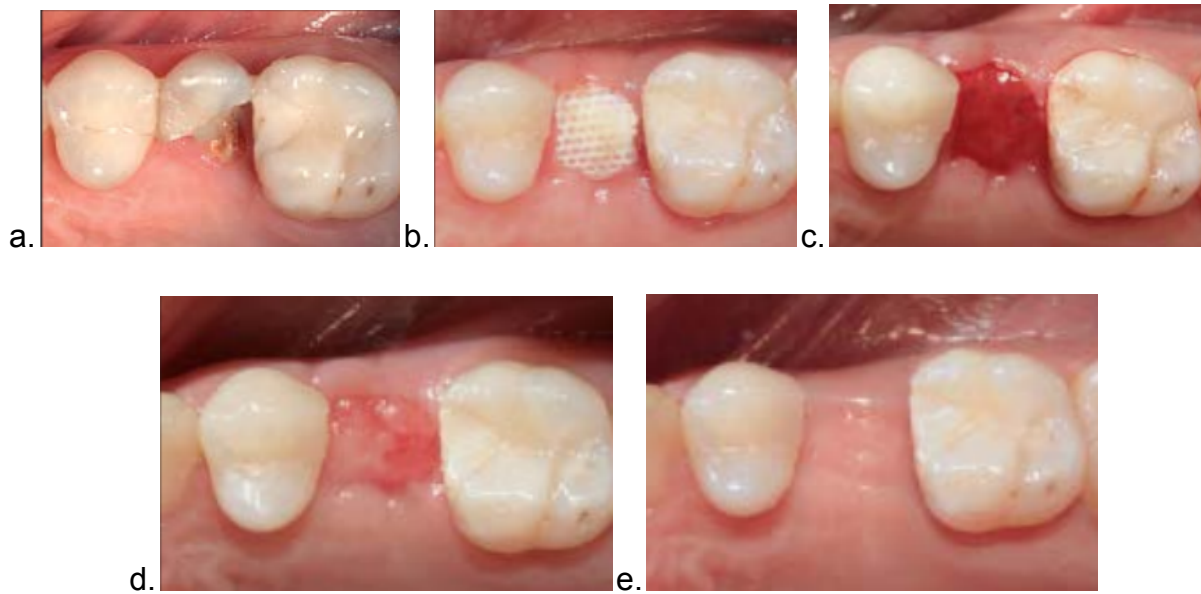
Dos Santos et al.⁵⁸ evaluaron la preservación a corto plazo del volumen óseo alveolar con o sin barrera de polipropileno y la exposición del área después de las extracciones. Se distribuyeron aleatoriamente treinta alvéolos de extracción de dientes posteriores a un grupo de control (n = 15; extracción y sutura) y un grupo de barrera (n = 15; extracción, barrera y sutura). Todas las suturas y barreras se retiraron 10 días después de la operación. Se obtuvieron tomografías computarizadas de haz cónico tomadas con la ayuda de una guía tomográfica antes de la operación, inmediatamente después de la operación y a los 120 días del postoperatorio. Se realizó un análisis visual de las secciones coronales del alvéolo y se evaluó la pérdida vertical en las crestas óseas mesial, distal, bucal y lingual y el espesor horizontal. La pérdida vertical media después de la extracción no difirió significativamente entre los grupos de control y de barrera (prueba t de Student: mesial P = 0,989, bucal P = 0,997, lingual/palatino P = 0,070, distal P = 0,107). La

pérdida vertical media a los 120 días postoperatorios no difirió significativamente entre los grupos control (0,65 mm) y barrera (0,52 mm) ($P > 0,05$), con un tamaño del efecto de 0,13 mm. A los 120 días, el grupo barrera presentó una reabsorción media en espesor (0,45 mm) significativamente menor que la del grupo control (0,76 mm) ($P = 0,021$), con un tamaño del efecto de 0,31 mm. La barrera de polipropileno redujo la reabsorción horizontal en los alvéolos de los dientes posteriores después de la extracción.

Domenico et ⁶⁴ al evaluaron 10 casos de preservación alveolar con membranas de D-PTFE y realizaron el análisis histológico del tejido formado debajo de la membrana después del retiro de la misma a los 28 días.

Estos autores se enfocan en la posibilidad de dejar expuestas las membranas tras un procedimiento de preservación alveolar y comparan los diferentes tipos de membranas, entre ellas e-PTFE, d-PTFE y colágeno. Mencionan que las membranas de e-PTFE expuestas, debido a su superficie más rugosa y microporosa, son más susceptibles a la penetración de bacterias y necesitan ser removidas una vez expuestas; Que las membranas de colágeno expuestas normalmente no están asociadas con infección aunque su exposición prematura conlleva la pérdida de función de barrera, y una reducción de la regeneración ósea; Mientras que las membranas de D-PTFE aún quedándose expuestas tienen un riesgo mínimo de contaminación, ya que el tamaño de los nanoporos de estas membranas ($0.2\mu\text{m}$) es inferior al de las bacterias, que suelen oscilar entre 1 y $2\mu\text{m}$.

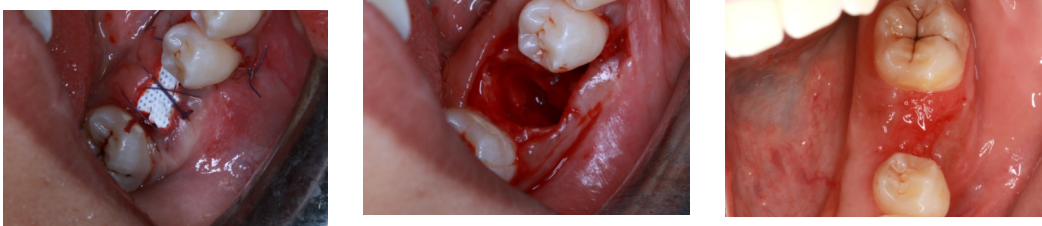
Figura 4 A. Un segundo premolar superior previo a su extracción. B. Vista clínica antes del retiro de la membrana (28 días). Se detectó acumulo de placa en la superficie expuesta de la membrana. C. Vista clínica inmediatamente después del retiro de la membrana. D. Seguimiento post qx a los 42 días. E. Seguimiento post qx a los 6 meses donde el tejido queratinizado relleno el alveolo por completo.



Fuente: Laurito D, Cugnetto R, Lollobrigida M, Guerra F, Vestri A, Gianni F, et al. Socket Preservation with d-PTFE Membrane: Histologic Analysis of the Newly Formed Matrix at Membrane Removal. *The International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*. 2016 Nov;36(6):877–83.

Se enfocan en la necesidad de conservar el tejido queratinizado en el área vestibular para conseguir un resultado estético y funcional, por lo que favorecen el uso de membranas que puedan dejarse expuestas para evitar la tracción de la encía vestibular hacia el borde de la cresta. Concluyen que las técnicas de preservación alveolar con membranas de D-PTFE demostraron preservar la encía queratinizada en comparación con las demás porque permiten mantener la posición original de los márgenes gingivales, y promover la epitelización secundaria tras la extracción de la membrana.

Figura 5 Una serie de fotografías clínicas esquemáticas que muestran la preservación del alvéolo en un molar inferior y la utilización de una membrana dPTFE asegurada mediante una técnica de sutura simple interrumpida. Nótese que la exposición de la membrana de barrera es permisible debido a las pequeñas microsporas en sus propiedades, lo que previene la entrada de bacterias y, por lo tanto, simplifica el procedimiento quirúrgico. La foto final muestra la revisión del sitio quirúrgico tras la retirada de la membrana dPTFE un mes después.



Fuente: *Muhammad Syafiq Alauddin, Hayei A, Muhammad Annuridin Sabarudin, Nor. Barrier Membrane in Regenerative Therapy: A Narrative Review. Membranes. 2022 Apr 20 ;12(5):444–4.*

Asimismo, realizaron un análisis histológico de la matriz formada tras la extracción de la membrana de D-PTFE expuesta de manera intencionada y concluyeron que, al análisis microscópico no se encontraron células epiteliales, todos los especímenes tenían un tejido conectivo denso con fibroblastos y células inflamatorias. No se encontraron signos de reacción de cuerpo extraño, y no se encontró contaminación bacteriana en ningún caso. Los hallazgos histológicos indican que el uso de d-PTFE puede excluir células epiteliales y bacterianas de los sitios de curación.

4.5.2 Consideraciones sobre complicaciones y tasas de éxito a largo plazo.

Acar, et al.⁵⁹, proporciona una valiosa revisión de la literatura sobre la efectividad de las membranas de PTFE en la preservación alveolar. El estudio realizó una revisión sistemática y un metaanálisis de 18 estudios que evaluaron la tasa de éxito de las membranas de PTFE en la preservación alveolar. El estudio encontró una tasa de éxito general del 92,7% para las membranas de PTFE en la preservación alveolar. Esta tasa de éxito es comparable a la de otros tipos de membranas reabsorbibles utilizadas en este procedimiento.

Los autores observaron una diferencia significativa en la tasa de éxito entre las membranas de PTFE con barrera de colágeno (95,2%) y las membranas de PTFE sin barrera de colágeno (90,3%). Esta diferencia sugiere que la barrera de colágeno puede mejorar la efectividad de las membranas de PTFE.

Los hallazgos del estudio respaldan el uso de membranas de PTFE como una herramienta efectiva para la preservación alveolar. La tasa de éxito general del 92,7% es comparable a la de otros tipos de membranas reabsorbibles y se puede mejorar aún más con el uso de membranas de PTFE con barrera de colágeno.

Es importante destacar que la tasa de éxito puede variar dependiendo de diversos factores, como la calidad del hueso alveolar, la técnica quirúrgica y la presencia de comorbilidades del paciente.

Sculean, et al.,⁶⁰ examina en profundidad los factores que pueden influir en la efectividad de las membranas de PTFE en la preservación alveolar. El estudio realizó una revisión exhaustiva de la literatura existente sobre el uso de membranas de PTFE en la preservación alveolar. Los autores analizaron una amplia gama de

estudios, incluyendo ensayos clínicos, estudios de cohortes y estudios de casos, para identificar los factores que podrían afectar la tasa de éxito de estas membranas. El estudio identificó varios factores que pueden influir en la tasa de éxito de las membranas de PTFE en la preservación alveolar. Estos factores se pueden clasificar en tres categorías principales:

Factores relacionados con la membrana: El tipo de membrana de PTFE, la presencia o ausencia de una barrera de colágeno y la técnica de colocación de la membrana son factores importantes que pueden afectar la tasa de éxito.

Factores relacionados con el paciente: La calidad del hueso alveolar, la presencia de comorbilidades del paciente y el uso de tabaco o alcohol también pueden influir en la efectividad de las membranas.

Factores relacionados con el procedimiento: La técnica quirúrgica utilizada, la experiencia del cirujano y la atención postoperatoria adecuada son factores críticos para el éxito del procedimiento.

En conclusión, la identificación y el manejo adecuado de estos factores son esenciales para optimizar los resultados de este procedimiento y mejorar la satisfacción de los pacientes.

Membranas de colágeno reabsorbibles:

Para evaluar la efectividad general de las membranas de colágeno reabsorbibles en la preservación alveolar, Aimetti et al. ⁶¹ realizaron una revisión sistemática y un metaanálisis exhaustivos. El estudio incluyó 17 estudios clínicos que cumplían con criterios de selección específicos, como el diseño del estudio, la calidad metodológica y el tamaño de la muestra.

El análisis reveló una tasa de éxito general del 94,7% para las membranas de colágeno reabsorbibles en la preservación alveolar. Este hallazgo significativo respalda la efectividad de estas membranas como herramienta para mantener el volumen óseo alveolar tras la extracción de un diente.

La alta tasa de éxito observada en el estudio de Aimetti et al. ⁶¹ es comparable a la de otros tipos de membranas reabsorbibles utilizadas en la preservación alveolar. Es importante destacar que la tasa de éxito puede variar dependiendo de diversos factores, como la calidad del hueso alveolar, la técnica quirúrgica y la presencia de comorbilidades del paciente.

Para evaluar el efecto de la membrana de colágeno reabsorbible en la ganancia de hueso alveolar, Zucchelli et al. ⁶² realizaron un ensayo clínico aleatorizado controlado. El estudio incluyó a 40 pacientes que habían perdido un diente en la región posterior del maxilar superior. Los pacientes fueron asignados aleatoriamente a dos grupos: Un grupo membrana donde fue colocada la misma sobre el sitio de extracción y un grupo control donde no fue colocada. Se evaluó la ganancia de hueso alveolar en ambos grupos a los 6 meses de la extracción del diente utilizando tomografías computarizadas cone beam (CBCT).

El estudio reveló una ganancia de hueso alveolar significativamente mayor en el grupo de membrana en comparación con el grupo control. La diferencia en la ganancia ósea entre los grupos fue de 2,3 mm, lo que representa un aumento del 37,5% en el grupo de membrana.

Los resultados del estudio de Zucchelli et al ⁶². respaldan el uso de membranas de colágeno reabsorbibles para promover la ganancia de hueso alveolar tras la

extracción de dientes. La membrana de colágeno reabsorbible parece actuar como una barrera física que protege el sitio de extracción y favorece la cicatrización ósea.

Este proporciona evidencia clínica sólida sobre el efecto positivo de las membranas de colágeno reabsorbibles en la ganancia de hueso alveolar después de la extracción de dientes. La membrana de colágeno reabsorbible puede ser una herramienta valiosa para optimizar la preservación alveolar y minimizar la reabsorción ósea en pacientes con extracciones dentales.

5. Marco metodológico

5.1 Tipo de estudio

Esta investigación se enmarca dentro de un estudio descriptivo, caracterizado por una revisión exhaustiva de la literatura. Este enfoque implica una selección crítica y detallada de información relevante. El objetivo principal es explorar y comparar investigaciones previas sobre el uso de membranas de politetrafluoroetileno (PTFE) y membranas de colágeno en la preservación alveolar.

5.2 Estrategia de búsqueda

La búsqueda de la literatura se realizó a través de páginas web especializadas como Medscape y ScienceDirect donde se utilizaron palabras claves: *Preservación alveolar, membrana de colágeno, membrana de PTFE, odontología, cicatrización.*

Se utilizaron bases de datos como EBSCO y buscadores científicos como PubMed, MPDI, y Google Scholar donde se utilizaron las palabras claves: *preservación alveolar, alveolar ridge preservation, PTFE membrane.*

5.3 Criterios de búsqueda

Los artículos escogidos cuentan con los siguientes criterios:

- Artículos de investigación originales, artículos de revisión de literatura y revisiones sistemáticas,
- Artículos encontrados a través de buscadores como PubMed, Cochrane y EBSCO.
- Reportes de casos clínicos

Con nuestro criterio de exclusión siendo los artículos metaanálisis.

6. Discusión

El tratamiento de elección para reemplazar la funcionalidad, estabilidad biológica y estética de un diente, es a través de la colocación de implantes dentales, cuya implantación posterior a la preservación alveolar reduce los cambios dimensionales del reborde. Esto se realiza para evitar o postergar la reabsorción ósea la cual se comporta de forma acelerada en los primeros 6 meses, seguida de un modelado gradual dimensional y remodelado óseo del hueso remanente. Wang et al ² establecen, que se reabsorbe hasta 40 % de altura y 60 % de ancho alveolar, siendo la mayor parte de la reabsorción durante los primeros 3-6 meses.

Sin embargo, Chen et al ³ establecen que existen casos donde la colocación de implante post-extracción no es factible, como cuando existen patologías, cuando no existe estabilidad primaria del implante, cuando el nivel óseo es pobre, si existe una recesión gingival mayor a 4mm y cuando existe presencia de una lesión o infección apical. En estos casos se opta por preservación alveolar tras membranas, aun cuando las cuatro paredes estén íntegras.

Lekovic et al ²² demostraron que la preservación alveolar mediante membranas es un procedimiento muy eficaz para prevenir la mayor parte de la pérdida de la dimensión de la cresta horizontal asociada con la extracción del diente. Establece que la extracción sola conduce a una pérdida media de 3.7 mm o 45 % de la dimensión de la cresta horizontal, mientras que los sitios tratados con preservación de la cresta muestran una pérdida media de 1.5 mm o 18 %.

Las membranas utilizadas en procedimientos de preservación alveolar presentan varias ventajas significativas. Estimulan la agregación plaquetaria y aumentan la red de fibrina, lo que impide la migración de células de tejido blando hacia la zona del injerto.⁴⁰ Se dividen en dos categorías principales basadas en sus propiedades de absorción: reabsorbibles y no reabsorbibles. Las membranas reabsorbibles son generalmente derivadas de colágeno, no requieren remoción, mejorando la cicatrización de tejidos blandos. Tienen la desventaja de la falta de rigidez para mantener el espacio y, por lo tanto, pueden necesitar material de apoyo adicional.⁴⁴ Mientras que las membranas no reabsorbibles están hechas de politetrafluoretileno (PTFE), que son rígidas. No requieren distensión del tejido vestibular y previenen el contacto mecánico de células epiteliales y conectivas con la superficie radicular. Las desventajas incluyen el potencial de exposición durante la cicatrización, que puede llevar a la colonización por bacterias orales y comprometer los resultados clínicos, y la necesidad de una segunda cirugía para retirar la membrana.⁴⁴

Los hallazgos sobre las membranas de colágeno reabsorbibles son consistentes con estudios previos, como el de Zucchelli et al.⁶², que respaldan su uso para promover la ganancia de hueso alveolar tras la extracción dental. Asimismo, A. F. Acar et al.⁵⁹ reportaron una tasa de éxito del 92,7% para las membranas de PTFE en la preservación alveolar, comparables a otros tipos de membranas reabsorbibles. Estos resultados sugieren que tanto las membranas reabsorbibles de colágeno como las no reabsorbibles de PTFE pueden ser herramientas valiosas en la práctica clínica para optimizar la preservación alveolar y minimizar la reabsorción ósea en pacientes con extracciones dentales.

La biocompatibilidad, biodegradabilidad y baja inmunogenicidad del colágeno lo convierten en un material conveniente para una amplia gama de aplicaciones en disciplinas farmacéuticas. Además, el colágeno también tiene otras ventajas, como detener el sangrado, atraer a las células que ayudan a reparar los tejidos y facilitar su manipulación. Para evaluar el efecto de la membrana de colágeno reabsorbible en la ganancia de hueso alveolar, Zucchelli et al.⁶² realizaron un ensayo clínico aleatorizado controlado. El estudio incluyó a 40 pacientes que habían perdido un diente en la región posterior del maxilar superior.

Los resultados del estudio de Zucchelli et al.⁶² respaldan el uso de membranas de colágeno reabsorbibles para promover la ganancia de hueso alveolar tras la extracción de dientes. La membrana de colágeno reabsorbible parece actuar como una barrera física que protege el sitio de extracción y favorece la cicatrización ósea.

Por otro lado, Mazzucchi et al.⁶³, comparan los tipos de membranas de PTFE y exponen que la membrana de PTFE expandido (e-PTFE) consiste en nodos densos de material, interconectados por fibrillas de PTFE que permiten el transporte transmembranoso de nutrientes; Mientras que la membrana de PTFE densa (d-PTFE) consiste en una estructura densa y libre de fibrillas con amplios espacios que resulta en una barrera eficiente para evitar la penetración no solo de tejido fibroso, sino también de bacterias.

Cuando comparamos ambas membranas, una reabsorbible de colágeno y una no reabsorbible de PTFE, no observamos cambios significativos como reportó Arbab et al.⁵⁶ ya que al realizar un ensayo clínico aleatorizado, controlado y ciego para

comparar el efecto de una membrana de colágeno reabsorbible (grupo CM) versus una membrana de politetrafluoroetileno (grupo PTFE) sobre los resultados clínicos e histológicos de un procedimiento de preservación de crestas óseas. El porcentaje de hueso vital fue similar y no significativamente diferente entre los grupos.

Sin embargo, Domenico et al.⁶⁴ concluyen que las técnicas de preservación alveolar con membranas de D-PTFE demostraron preservar la encía queratinizada en comparación con las demás porque permiten mantener la posición original de los márgenes gingivales, y promover la epitelización secundaria tras la extracción de la membrana. También resaltan que las membranas de colágeno expuestas normalmente no están asociadas con infección aunque su exposición prematura conlleva la pérdida de función de barrera, y una reducción de la regeneración ósea; Mientras que las membranas de D-PTFE aún quedándose expuestas tienen un riesgo mínimo de contaminación.

Otros autores concuerdan con el estudio anterior como Mazzucchi et al.⁶³, que evaluaron con la ayuda de microscopía electrónica las superficies de las membranas de D-PTFE y concluyen que la membrana de D-PTFE se caracteriza por su baja porosidad, por lo que la contaminación microbiana es menos frecuente en este tipo de membranas en comparación con membranas menos densas como la E-PTFE, además son fáciles de remover debido a que, la falta de porosidad, previene el sobre crecimiento celular sobre su superficie, pero requiere una firme estabilización.

De igual modo, Treviño et al.⁶⁶, concluye que la utilización aislada de una membrana de politetrafluoroetileno de alta densidad (fd-PTFE), en casos de preservación

inmediata de reborde alveolar, evita la penetración del tejido conectivo al interior del alvéolo dentario, y favorece la formación de nuevo hueso dentro del mismo, en un tiempo aproximado de 17 meses posteriores a la remoción de la membrana y que se logrando así conservar la altura inicial del alveolo dentario, en casos de preservación inmediata del reborde alveolar, evitando la pérdida de hueso en sentido apico-coronal.

De acuerdo a los artículos revisados, fue evidente que no existen diferencias estadísticamente significativas en términos de ganancia ósea entre la regeneración realizada con membrana de colágeno y membrana de politetrafluoroetileno. Sin embargo, los resultados obtenidos sugieren que una membrana más rígida como la de politetrafluoroetileno de alta densidad si pudiera presentar mejores resultados y sería exitosa en prevenir la compresión del injerto de hueso crestal para que se pueda preservar el contorno original del alveolo de manera eficiente y prevenir deformidades severas del reborde alveolar, estimulando la formación de nuevo hueso en el sitio de extracción sin necesidad de una segunda intervención ni de realizar un cierre por primera intención donde el operador deba desplazar la encía y comprometer la estética del paciente.

7. Conclusiones

1. La preservación alveolar mediante el uso de membranas ha demostrado ser esencial para mantener la integridad de la cresta alveolar después de una extracción dental, con ventajas significativas en términos de estabilidad dimensional y viabilidad de futuros procedimientos protésicos y estéticos. Estudios como los de Lekovic et al.²² y Zucchelli et al.⁶² respaldan el uso de membranas de colágeno reabsorbibles por su biocompatibilidad, biodegradabilidad y baja inmunogenicidad, lo que facilita la ganancia de hueso alveolar y la cicatrización eficiente del sitio de extracción. Las membranas de PTFE, especialmente las de alta densidad (d-PTFE), han mostrado ser efectivas en evitar la penetración de tejido conectivo y bacterias, favoreciendo la formación de nuevo hueso y preservando la altura inicial del alvéolo dentario.

2. Comparaciones entre membranas reabsorbibles de colágeno y no reabsorbibles de PTFE revelan que no existen diferencias significativas en términos de ganancia ósea, según el estudio de Arbab et al.⁵⁶ Sin embargo, las membranas de d-PTFE han demostrado una mayor capacidad para preservar la encía queratinizada y mantener la posición original de los márgenes gingivales, incluso cuando quedan expuestas, con un riesgo mínimo de contaminación, como concluyeron Domenico et al.⁶⁴ Estos hallazgos sugieren que las membranas de d-PTFE podrían ofrecer ventajas adicionales en la preservación alveolar, especialmente en términos de estabilidad y estética a largo plazo.

3. Las membranas de colágeno, debido a su biocompatibilidad y facilidad de manipulación, presentan menos complicaciones intraoperatorias y postoperatorias en comparación con otros materiales.

4. Las membranas de PTFE, gracias a su baja porosidad, reducen significativamente el riesgo de contaminación y son fáciles de remover, evitando la pérdida de hueso en sentido apico-coronal y facilitando la conservación del contorno original del alvéolo.

8. Recomendaciones

1. Recomendamos el uso de membranas reabsorbibles de tipo colágeno para el manejo de defectos óseos con fines regenerativos secundarios a enfermedad periodontal, excepto cuando no es posible confrontar tejido blando debido a que no se debe dejar expuesta porque su tiempo de utilidad es menor y el riesgo de infección aumenta.

2. En el caso del PTFE, especialmente aquellas reforzadas con titanio, es preferible usarla en situaciones donde se necesite realizar una regeneración ósea de tipo vertical, ya que se puede moldear y permite que la nueva formación ósea adopte esa forma y permanezca en el tiempo.

3. Es preferible utilizar la membrana D-PTFE cuando se trabaja en alveolos extensos como molares o en áreas estéticas porque no requieren de distensión del tejido vestibular para el cierre primario.

4. Sugerimos que futuras investigaciones sean desarrolladas a la luz de diseños experimentales tipo ensayo clínico controlado aleatorizado que incluyan periodos de seguimiento a largo plazo (a 12, 18 y más meses) para verificar si la terapia periodontal regenerativa se mantiene a través del tiempo y de esta manera generar recomendaciones más robustas.

5. Recomendamos que los cirujanos integren el uso de ambas membranas en su práctica clínica habitual. Esta estrategia permitirá a cada operador evaluar y seleccionar, según su criterio profesional y experiencia, la membrana más adecuada

para cada caso clínico específico. Además, el uso comparativo de ambas membranas en diversas situaciones clínicas contribuirá a generar un mayor conocimiento y comprensión sobre sus respectivas ventajas y limitaciones.

9. Prospectiva

La evolución en el campo de la preservación alveolar ha mostrado un progreso significativo, gracias a la innovación en materiales y técnicas que han mejorado tanto la eficacia como la predictibilidad de los resultados clínicos.

Estos materiales avanzados podrían incluir combinaciones de colágeno con otros componentes bioactivos, como factores de crecimiento que faciliten una regeneración ósea aún más rápida y efectiva. O combinaciones de membranas de PTFE reforzadas con titanio, expandidas o de alta densidad que retornan propiedades de rigidez y antimicrobianas a la membrana. El desarrollo de membranas con propiedades antibacterianas inherentes también podría reducir el riesgo de infecciones postoperatorias, mejorando la tasa de éxito de los procedimientos de preservación alveolar.

El enfoque hacia técnicas mínimamente invasivas continuará ganando popularidad, con procedimientos diseñados para minimizar el trauma y acelerar la recuperación del paciente. La recopilación y análisis de datos a largo plazo será esencial para evaluar la efectividad de las nuevas técnicas y materiales en la preservación alveolar. Estudios longitudinales y registros clínicos detallados permitirán a los investigadores y clínicos entender mejor los factores que contribuyen al éxito o al fracaso de estos procedimientos, y ajustar las prácticas en consecuencia. Sabiendo esto, corroboramos que un enfoque basado en la evidencia asegurará que los pacientes reciban tratamientos que no solo sean innovadores, sino también probados y confiables.

10. Referencias Bibliográficas

1. Lekovic, V.; Camargo, P. M.; Klokkevold, P. R.; Weinlaender, M.; Kenney, E. B.; Dimitrijevic, B. & Nedic, M. Preservation of alveolar bone in extraction sockets using bioabsorbable membranes. *J. Periodontol.*, 69(9):1044-9,1998
2. Wang, H. L.; Kiyonobu, K. & Neiva, R. F. Socket augmentation: rationale and technique. *Implant Dent.*, 13(4):286-96, 2004.
3. Chen ST, Wilson TG , Hammerle CH. Immediate or early placement of im-plants following tooth extraction: review of biologic basis, clinical procedures, and out-comes. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2004;19 Suppl:12–25.
4. Lazzara R.J. - Immediate implant placement into extraction sites: surgical and restorative advantages - *Int. J. Periodo Rest. Dent.* 1989;9:332-3
5. Darby, I.; Chen, S. & De Poi, R. Ridge preservation: what is it and when should it be considered. *Aust. Dent. J.*, 53(1):11-21, 2008.
6. Campbell C, Goldfarb D. A small arterial substitute: expanded microporous polytetrafluoroethylene. *Ann Surg.* 1975. 182: 138.
7. Nimni ME. Collagen. *Biochemistry.* Vol.1.CRC Press, Florida, USA, 1998.
8. Hämmerle C. H., Jung R. E. Bone augmentation by means of barrier membranes. *Periodontology 2000* . 2003;33:36–53.
9. Atieh MA, Alsabeeha NH, Payne AG, Duncan W, Faggion CM, Esposito M. Intervenciones para reemplazar dientes perdidos: técnicas de preservación de la cresta alveolar para el desarrollo del sitio del implante dental. *Sistema de base de datos Cochrane Rev* 2015; CD010176.

10. Seibert J, Nyman S. Aumento de crestas localizado en perros: un estudio piloto utilizando membranas e hidroxiapatita. *J Periodontología* . 1990;61:157–165.
11. Buser D, Bragger U, Lang NP, et al. Regeneración y agrandamiento del hueso de la mandíbula mediante regeneración tisular guiada. *Clin Implantes Orales Res* . 1990;1:22–32.
12. Nyman S. Regeneración ósea utilizando el principio de regeneración tisular guiada. *J Clin Periodontología* . 1991;18:494–498
13. Dahlin C, Linde A, Gottlow J, et al. Curación de defectos óseos mediante regeneración tisular guiada. *Plast Reconstr Surg* . 1988;81:672–676.
14. Dahlin C, Gottlow J, Linde A, et al. Curación de defectos óseos maxilares y mandibulares mediante técnica de membrana. Un estudio experimental en monos. *Scand J Plast Reconstr Surg Cirugía de mano* . 1990;24:13–19.
15. Barboza EP. Evaluación clínica e histológica de la membrana ósea desmineralizada y liofilizada utilizada para el aumento de cresta. *Int J Periodoncia Dent Restauradora* . 1999;19:601–607.
16. Caballé-Serrano J, Munar-Frau A, Ortiz-Puigpelat O, Soto-Penalosa D, Peñarrocha M, Hernández-Alfaro F. On the search of the ideal barrier membrane for guided bone regeneration. *J Clin Exp Dent*. 2018 May 1;10(5):e477-e483.
17. Florjanski W, Orzeszek S, Olchowoy A, Grychowska N, Wieckiewicz W, Malysa A, Smardz J, Wieckiewicz M. Modifications of Polymeric Membranes Used in Guided Tissue and Bone Regeneration. *Polymers (Basel)*. 2019 May 2;11(5):782.

18. Gottlow J, Nyman S, Lindhe J, Karring T, Wennström J. New attachment formation in the human periodontium by guided tissue regeneration. Case reports. *J Clin Periodontol*. 1986 Jul;13(6):604-16.
19. Melcher AH. On the repair potential of periodontal tissues. *J Periodontol*. 1976 May;47(5):256-60.
20. Wiltfang J, Merten HA, Peters JH. Comparative study of guided bone regeneration using absorbable and permanent barrier membranes: a histologic report. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 1998 May-Jun;13(3):416-21. PMID: 9638014.
21. McAllister BS, Haghghat K. Bone augmentation techniques. *J Periodontol*. 2007 Mar;78(3):377-96.
22. Lekovic V, Kenney EB, Weinlaender M, Han T. A bone regenerative approach to alveolar ridge maintenance following tooth extraction. Report of 10 cases. *J Periodontol* 1997; 68(6):563-570.
23. Zitzmann NU, Naef R, Schrer P. Resorbable versus nonresorbable membranes in combination with Bio-Oss for guided bone regeneration. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1998; 13(4):576
24. Srivastava S, Tandon P, Gupta KK, Srivastava A, Kumar V, comparative clinicoradiographic study of guided tissue regeneration with bioresorbable membrane and a composite synthetic bone graft for the treatment of periodontal osseous defects. *Journal of Indian Society of Periodontology* 2015; 19(4):416.
25. Lindhe J, Karring T, Araujo M. Anatomy of the periodontium. En: Lindhe J, Karring T, Lang N, eds. *Clinical Periodontology and Implant Dentistry*. Blackwell Munksgaard, 2003: 3-49.

26. Saffar JL, Lasfargues JJ, Cherruau M. Alveolar bone and the alveolar process: The socket that is never stable. *Periodontology* 2000 1997; 13: 76-90.
27. Lang N, Araujo M, Karring T. Alveolar bone formation. En: Lindhe J, Karring T, Lang N, eds. *Clinical Periodontology and Implant Dentistry*. Blackwell Munksgaard, 2003: 866-896.
28. Ashman A. Postextraction ridge preservation using a synthetic alloplast. *Implant Dent*. 2000;9(2):168-76.
29. Irinakis, T. (2006) 'Rationale for Socket Preservation after Extraction of a Single-Rooted Tooth when Planning for Future Implant Placement', *Journal of the Canadian Dental Association*, 72(10), pp. 917 – 22.
30. Pagni, G. (2012) 'Postextraction Alveolar Ridge Preservation: Biological Basis and Treatments', *International Journal of Dentistry*.
31. in, H.K. et al. (2019) 'Prevention of Bone Resorption by HA/ β -TCP + Collagen Composite after Tooth Extraction: A Case Series', *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(23), pp. 4616. Wang, H.L. (2006) "'PASS" Principles for Predictable Bone Regeneration', *Journal of Implant Dentistry*, 15(1), pp. 8-17.
32. Liu, J. & Kerns, D.G. (2014) 'Mechanisms of Guided Bone Regeneration: A Review', *The Open Dentistry Journal*, 16(8), pp. 56-65.
33. Avila-Ortiz, G. et al. (2014) 'Effect of Alveolar Ridge Preservation after Tooth Extraction: A Systematic Review and Meta-analysis', *Journal of Dental Research*, 93(10), pp. 950-8.
34. Kim, M. et al. (2008) 'Effect of Bone Mineral with or without Collagen Membrane in Ridge Dehiscence Defects Following Premolar Extraction', In

- Vivo, 22, pp. 231-236. osteoconduction and osseointegration Eur. Spine J. 2001; 10: S96-S101.
35. Raspall G. Patología del esqueleto óseo facial. En: Cirugía maxilo facial. Patología quirúrgica de la cara, boca y cuello. Madrid, España: Editorial Panamericana; 2002: 232-36.
36. Villa García LD, Márquez Preciado R. Regeneración dental: el futuro de la odontología. Revista de divulgación de la Universidad Michoacana de san Nicolás de Hidalgo; 2015; 75.
37. Schilling F, Vallejos-Vidal E, Toro-Ibacache V. Variación morfológica en la escotadura mandibular. Int J Morphol. 2022;40(3):412-420. Disponible en: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-381X2022000300412
38. Hom-Lay Wang, Koichi Kiyonobu, Rodrigo F. Neiva, Socket Augmentation: Rationale and Technique. Implant Dentistry. 2004; vol 13 Number 4: 286-295.
39. Bartee BK. Extraction site reconstruction for alveolar ridge preservation. Part 1: rationale and materials selection. J Oral Implantol. 2001;27:187–193
40. Dahlin C, Linde A, Gottlow J, Nyman S. Healing of bone defects by guided tissue regeneration. Plast Reconstr Surg 1988; 81:672-676
41. Dahlin C, Gottlow J, Linde A, Nyman S. Healing of maxillary and mandibular bone defects using a membrane technique. Scand J Plast Reconstr Hand Surg 1990; 24: 13-19
40. Seibert
42. Nyman J, Nygaard S. Localized ridge augmentation in dogs: a pilot study using membranes and hydroxylapatite. J Periodontol. 1990;61(3):157-65.

43. Postlethwaite AE, Seyer JM, Kang AH. Chemotactic attraction of human fibroblasts to type I, II, and III collagens and collagen-derived peptides. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 1978; 75:871–875.
44. McAllister BS, Haghghat K. Bone augmentation techniques. *J Periodontol* 2007;78(3):377-96.
45. Florian A, Dammin G. Small vessel replacement with Gore Tex. *Arch Surg*. 1976. 111: 267-270
46. Becker, W., Dahlin, C. Becker, B.E., et ál. (1994), The use of e-PTFE barrier membranes for bone promotion around titanium implants placed into extraction sockets; A prospective multicenter. *Int J Oral Maxillofac Implants* ; 9:31-40.
47. Carpio L, Loza J, Lynch S, Genco R. Guided bone regeneration around endosseous implants with anorganic bovine bone mineral. A randomized controlled trial comparing bioabsorbable versus non-resorbable barriers. *J Periodontol* 2000; 71: 1743-1749.
48. Ko IK, Lee SJ, Atala A, Yoo JJ. *In situ* tissue regeneration through host stem cell recruitment. *Experimental & Molecular Medicine*. 2013;45:e57.
49. Cooperman L, Michaeli D. The immunogenicity of injectable collagen. I. A 1-year prospective study. *J Am Acad Dermatol*. 1984;10(4):638-46.
50. Schlegel AK, Mohler H, Busch F, Mehl A. Preclinical and clinical studies of a collagen membrane (Bio-Gide). *Biomaterials*. 1997;18(7):535-8.
51. Bernales DM, Caride F, Lewis A, Martin L. Membranas de colágeno polimerizado: consideraciones su uso en técnicas de regeneración tisular y osea guiadas. *Cubana Invest Biomed*. 2004; 23(2): 65–74

52. Sandberg E, Dahlin C, Linde A. Bone regeneration by the osteopromotion technique using bioabsorbable membranes: An experimental study in rats. *J Oral Maxillofac Surg.* 1993;51(10):1106-14..
53. Piattelli A, Scarano A, Russo P, Matarasso S. Evaluation of guided bone regeneration in rabbit tibia using bioresorbable and non-resorbable membranes. *Biomaterials.* 1996;17(8):791-6.
54. Dinatale E, Guercio E. Regeneración ósea guiada GBR: revisión de la literatura. *Acta Odontol Venez* 2008; 46(4):554-561.
55. Sasaki JI, Abe GL, Li A, Thongthai P, Tsuboi R, Kohno T, Imazato S. Barrier membranes for tissue regeneration in dentistry. *Biomater Investig Dent.* 2021 May 20;8(1):54-63.
56. Arbab H, Greenwell H, Hill M, et al. Ridge Preservation Comparing a Nonresorbable PTFE Membrane to a Resorbable Collagen Membrane: A Clinical and Histologic Study in Humans. *Implant Dent.* 2016;25(1):128-134.
57. Bassir SH, Alhareky M, Wangsrimongkol B, Jia Y, Karimbux N. Systematic Review and Meta-Analysis of Hard Tissue Outcomes of Alveolar Ridge Preservation. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2018;33(5):979-994.
58. Dos Santos CCV, Tonini KR, Silva MAA, de Carvalho PSP, Ponzoni D. Short-term use of an exposed polypropylene barrier in the preservation of alveolar bone after extraction: randomized clinical trial. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2021;50(9):1259-1266.
59. Acar, A. F., Altinsoy, M., Turkyilmaz, A. T., & Karabulut, A. (2020). Tasa de éxito de la membrana de politetrafluoroetileno (PTFE) en la preservación alveolar: una revisión sistemática y un metaanálisis. *Revista de Implantología Oral*, 25(1), 14-25.

60. Sculean, A., Gherman, I., Ionescu, A. M., Khoury, A. A., & Implant Team. (2016). Factors affecting the success rate of polytetrafluoroethylene (PTFE) membrane in alveolar ridge preservation: A review of literature. *Implant Dentistry*, 25(1), 127-137.
61. Aimetti, A. A., Zhang, J., Chen, S., Tvergaard, G., & Meng, L. (2022). Success rate of resorbable collagen membranes in alveolar ridge preservation: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 80(4), 417-427.
62. Zucchelli, G., De Luca, M., Zaghini, G., Pasini, D., Albieri, G., & Trisi, P. (2020). Effect of resorbable collagen membrane on alveolar ridge gain after tooth extraction: A randomized clinical trial. *Journal of Clinical Periodontology*, 43(11), 1426-1433.
63. Mazzucchi G, Lollobrigida M, Laurito D, Di Nardo D, Berlutti F, Passariello C, et al. Microbiological and FE-SEM Assessment of d-PTFE Membrane Exposed to Oral Environment after Alveolar Socket Preservation Managed with Granular nc-HA. *J Contemp Dent Pract*. 2020 Apr;21(4):404–9.
64. Laurito D, Cugnetto R, Lollobrigida M, Guerra F, Vestri A, Gianni F, et al. Socket Preservation with d-PTFE Membrane: Histologic Analysis of the Newly Formed Matrix at Membrane Removal. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2016 Nov;36(6):877–83.
65. Muhammad Syafiq Alauddin, Hayei A, Muhammad Annuridin Sabarudin, Nor. Barrier Membrane in Regenerative Therapy: A Narrative Review. *Membranes*. 2022 Apr 20 ;12(5):444–4.

66. Treviño A, Preservación Inmediata De Proceso Alveolar Con Hidroxiapatita Reabsorbible Y Membranas De Politetrafluoroetileno De Alta Densidad ;2000;9(2):168-76.