



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



## FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

El periostio como sustituto de membrana en la  
regeneración ósea guiada.

**T E S I N A**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**C I R U J A N O   D E N T I S T A**

P R E S E N T A:

JAVIER ORLANDO ARANDA GALLEGOS

TUTOR: Mtra. DAYANIRA LORELAY HERNÁNDEZ NAVA

Cd. Mx

2023



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## Dedicatorias y Agradecimientos

Primeramente, a Dios, que me ha iluminado en este camino, el cual he trazado desde pequeño y me ha dejado cumplir cada una de mis metas anheladas.

A mi alma máter, la Universidad Nacional Autónoma de México que me ha dado la oportunidad de ser parte de su grandiosa e inmensa comunidad, de la cual es un orgullo pertenecer; además de agradecerle a esta gran institución por albergarme como mi segunda casa.

A mis padres Rosalío F. Aranda Flores y Leticia Laura Gallegos Ruíz, que han sido mis guías, mis pilares y mis más grandes maestros de la vida, y que por ellos he llegado hasta donde estoy, lo que jamás podré pagarles ni con el tesoro más grande del mundo. Solo me queda decirles que este logro siéntanlo como suyo. ¡Mil gracias! ¡Los amo!

A mis hermanos Carlos y Cynthia, que fueron mis ejemplos a seguir, y siempre estuvieron dándome valor y compartiendo sus experiencias para seguir luchando por esta gran meta.

A mis profesores, que a lo largo de este camino académico han contribuido en mi formación profesional con sus conocimientos y enseñanzas.

A mi familia por el cariño y la confianza que me tienen.

A mis amigos que he conocido a lo largo de mi vida y que han hecho mucho más llevaderos todos los momentos vividos, incluso los más difíciles.

A mi tutora Mtra. Dayanira Hernández, con quien en su momento tuve la suerte de que haya sido mi maestra, y ahora mi guía en la realización de mi tesina.

# ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	1
OBJETIVO .....	3
1 PERIOSTIO .....	4
1.1 Mecanismo en la reparación ósea .....	7
2 INJERTO ÓSEO .....	9
2.1 Osteogénesis .....	11
2.2 Osteoinducción .....	11
2.3 Osteoconducción .....	12
2.4 Tipos de Injertos .....	13
2.4.1 Autoinjerto .....	13
2.4.2 Aloinjerto .....	13
2.4.3 Xenoinjerto .....	15
2.4.4 Aloplástico o Hueso sintético .....	16
3 MEMBRANA .....	17
3.1 Tipos de Membrana .....	19
3.1.1 Membranas Absorbibles .....	20
3.1.2 Membranas No Absorbibles .....	22
4 DEFECTO ÓSEO .....	23
4.1 Clasificación según Lekholm y Zarb .....	25
4.2 Clasificación según Seibert y Allen. ....	27
4.3 Defecto Horizontal .....	28
4.4 Defecto Vertical .....	29
5 REGENERACIÓN ÓSEA GUIADA .....	30
5.1 Técnicas de regeneración ósea .....	35
5.1.1 Regeneración ósea guiada con malla de titanio. ....	35
5.1.2 Regeneración ósea guiada con membrana de refuerzo de titanio .....	37
5.1.3 Técnica de injerto alveolar en cono de helado (ice cream cone technique) de Dennis Tarnow. ....	38

5.1.4	Osteogénesis por distracción o distracción ósea. ....	39
5.1.5	Expansión de corticales. ....	41
5.1.6	Aumentos de reborde (Injertos en bloque).....	43
5.1.6.1	Tipo Inlay .....	43
5.1.6.2	Tipo Onlay .....	44
5.1.7	Técnica Bio-Col.....	46
6	EL PERIOSTIO COMO MEMBRANA.....	48
6.1	Ventajas .....	51
6.2	Desventajas.....	52
	CONCLUSIONES.....	52
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	53
	ÍNDICE DE FIGURAS .....	65

## INTRODUCCIÓN

La regeneración ósea guiada (ROG) se considera una técnica quirúrgica ampliamente recomendada en el área odontológica por el predecible y exitoso resultado que nos brinda, se basa en tener como una barrera a la membrana, la cual su principal función es generar un coágulo y servir como especie de andamio para la formación de nuevo hueso, pero la cuestión es, si el periostio con sus propiedades que posee es capaz de no necesitar de una barrera o simplemente servir como una, para lograr dicha formación de hueso, la incógnita es si realmente es necesario una membrana, no obstante, cabe mencionar que es una opción, la cual nos puede ayudar a impulsar e incitar a zonas óseas que están dañadas a regenerarse principalmente, o en el menor de los casos a simplemente repararse de acuerdo al caso clínico y/o tratamiento que se esté llevando a cabo.

Un defecto óseo es considerada una irregularidad o ausencia de masa ósea, para su regeneración se necesita de la ROG, de igual forma tanto la ROG como la regeneración tisular guiada (RTG) requieren de una zona con un defecto óseo, la única diferencia es si la zona a regenerar es dentada o no, en donde ambas técnicas llevan consigo los mismos principios básicos, pues estos mencionan que se necesita de un injerto óseo, el cual tenga como principales características la osteoconducción, la osteoinducción y ser osteogénico, además de ocupar como barrera de material orgánico o sintético, porosa o no, llamada membrana, que nos permita regenerar un defecto óseo y evitar a su vez un epitelio de unión largo, todo esto con el fin de tener una futura rehabilitación protésica exitosa.

Existen diferentes tipos de injertos óseos como el aloinjerto (de otro humano), xenoinjertos (de bovino, etc.), aloplásticos (de origen sintético) y el autólogo (del mismo cuerpo donador), este último con un gran potencial osteogénico;

membranas absorbibles y no absorbibles, de colágeno o sintéticas, con diferentes técnicas y tipos de sutura, por lo que se reitera que son excelentes alternativas para regenerar hueso.

Es importante mencionar el cuidado y el uso adecuado del manejo que recomiendan las casas comerciales de estos productos, ya que son altamente certificados con estándares de calidad y esterilidad para su uso, pues si estos se llegan a contaminar o se da un mal uso, ya no se garantiza la tasa de éxito.

Hoy en día existen instrumentos y materiales que nos facilitan el trabajo en estas intervenciones quirúrgicas; la ROG es una alternativa predecible que nos ayuda a mejorar defectos óseos, así como la calidad ósea, necesaria para el tratamiento integral.

## OBJETIVO

Describir el periostio como sustituto de membrana en regeneración ósea guiada mediante una revisión bibliográfica.

# 1 PERIOSTIO

El hueso es un tejido conjuntivo mineralizado, el cual está formado por laminillas de matriz osteoide; una tercera parte está constituido por una matriz orgánica y una inorgánica, la parte orgánica se conforma del 95% por componente fibrilar, en donde predominan la proteína colágena I y III, y 5% de componente no fibrilar de proteínas no colagenasas y moléculas reguladoras, por otro lado, la porción inorgánica se conforma por minerales de calcio (forma de sales fosfocálcicas) junto con cristales de hidroxapatita, asimismo, proteoglicanos o glicoproteínas como la osteocalcina, osteonectina y proteínas morfogenéticas óseas (BMP's), todo esto sintetizadas por los osteoblastos (formadores de hueso) en la formación y mineralización de la matriz osteoide. Las laminillas que se forman en la matriz osteoide determinan si el hueso es esponjoso o cortical, ya que ambos están constituidos por osteonas o sistema de Havers, en donde se encuentran vasos sanguíneos y nervios; y una matriz extracelular con reservorio de calcio y fósforo (1)(2). Fig. 1 y 2

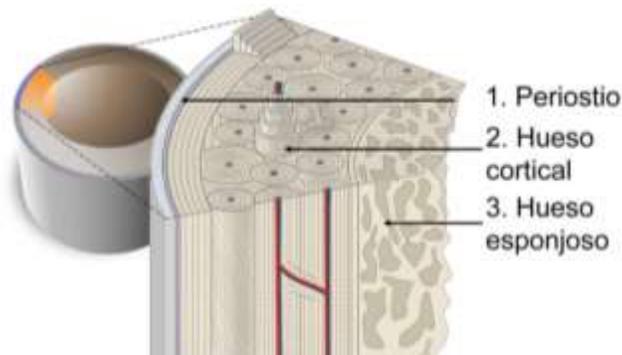


Fig. 1 Anatomía del hueso (3).

El periostio es un tejido denso irregular que se encarga de revestir al hueso, se compone de dos capas, un tejido conjuntivo fibroso denso que conforma la

capa más superficial, nombrada así, por su conformación de fibras de colágeno y fibroblastos; y un tejido conjuntivo fibroso laxo en la capa osteogénica y más profunda, esta última capa tiene una alta densidad de células mesenquimales multipotentes, células osteoprogenitoras y vasos sanguíneos, además, le proporciona estabilidad mecánica al periostio (2) (4).

*Fig. 2*

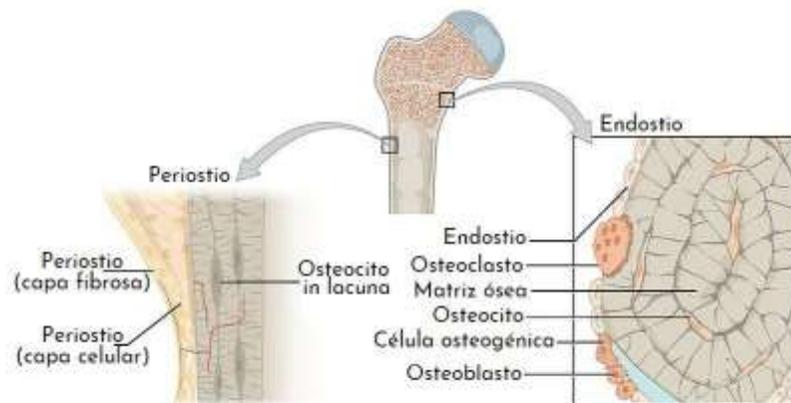


Fig. 2 Esquema de las partes y células que conforman el hueso (5).

El periostio se ha considerado como una vaina fibrosa, ya que tiene como mecanismo servir de barrera a la superficie externa del hueso sin envolver a las estructuras articulares; la capa osteogénica contiene osteoblastos, los cuales se encargan de aumentar el ancho y el tamaño de los huesos. En el sitio del hueso donde se produce una fractura es importante mencionar que las células progenitoras del periostio reparan y se encargan en la diferenciación celular del sitio del hueso afectado, en donde dichas células progenitoras pasan a ser osteoblastos y condroblastos. El periostio es un importante conector de tendones y ligamentos al hueso a través de fibras de colágeno que se encuentran en su capa osteogénica. Además de ser la parte del hueso que por medio de terminaciones nerviosas nociceptivas hacen al hueso muy sensible a la manipulación, de igual forma, este tejido nutre e irriga

al hueso por medio de la vascularización y comparte espacio también con el sistema de drenaje, como los son los vasos linfáticos (2). Fig. 3 y 4

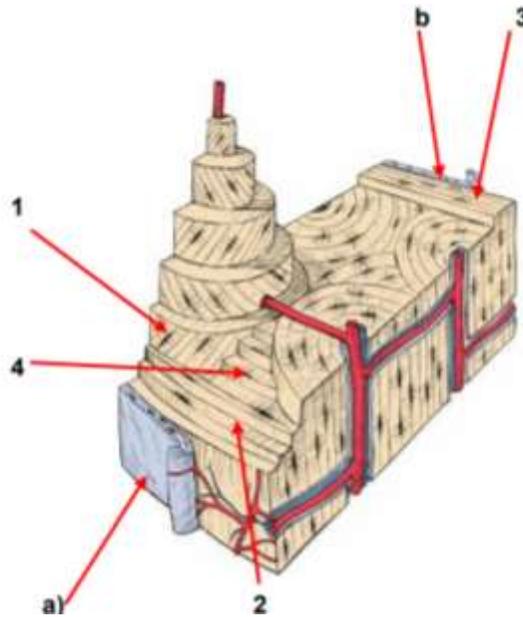


Fig. 3 Esquema del hueso compacto a) el periostio y b) el endostio. 1) Osteonas. 2) Laminillas circunferenciales externas debajo del periostio. 3) Laminillas circunferenciales internas. 4) Las laminillas intersticiales situadas entre las osteonas (6).

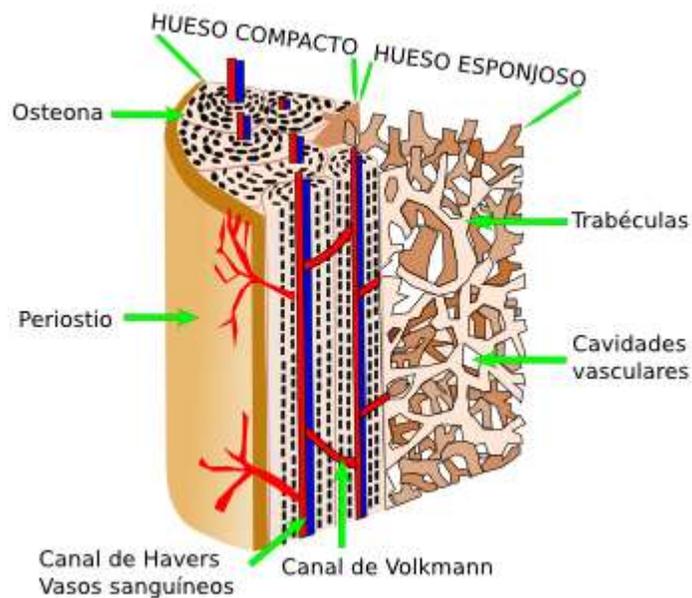


Fig. 4. Esquema del hueso esponjoso y hueso compacto (7).

En todos los tratamientos de regeneración, recuperar lo que más se pueda del nivel de hueso es el principal objetivo, pero el tratamiento que destaca es el de colocación de implantes, ya que es muy importante proporcionar la estabilidad ósea del implante; después de la pérdida de los dientes naturales, el hueso alveolar sufre una atrofia en dirección bucolingual y apicocoronal, de igual forma, es importante mencionar que la reabsorción maxilar se desarrolla seis veces más rápido que la mandíbula, todo esto se debe a la densidad ósea que posee (8).

Al igual que la ROG, la cirugía de elevación de membrana sinusal se considera una cirugía regenerativa, se utiliza el injerto y un sistema de barrera, y se ha demostrado que el hueso es un tejido especializado y proporciona tres funciones importantes como: el crecimiento óseo transversal que es parte fundamental para el desarrollo en general del cuerpo, así como ser un factor en la reparación ósea de fracturas y el componente ideal de las necesidades nutricionales del hueso (8).

El periostio anatómicamente se considera un tejido accesorio del hueso, sin embargo, tiene un vínculo muy importante y cercano con la neoformación y reconstrucción ósea. No obstante, se ha demostrado que además de poseer células progenitoras, factores de crecimiento y capacidad de ser osteogénico, el periostio ha servido como andamio natural para reclutar células y factores biológicos. También se han encontrado resultados muy prometedores para inducir la reparación ósea (9).

### 1.1 Mecanismo en la reparación ósea

El periostio no solo atiende el proceso de regeneración ósea sino también la reparación, pues las células madre se encargan de diferenciarse en

osteoblastos para que formen hueso y después depositen matriz mineralizada en el sitio de la lesión (10).

Durante muchos años se ha visto que la reparación ósea tiene dos caminos, todo esto dependiendo del tamaño de la fractura y/o de la herida, y también de la estabilidad ósea, asimismo, la reparación para fracturas grandes e inestables es mediante dos procesos, la primera por la formación de hueso endocondral, y el otro es a través la formación de fibrocartílago transitorio en el lugar de la fractura llamado callo blando, de igual forma, se convierte en hueso y se le llama callo duro; a diferencia de las fracturas pequeñas y mecánicamente más estables que los hacen por medio de la formación de hueso intramembranoso (10).

Recientemente en un estudio, *Ono et al.*, (10) demostró en un experimento con ratones que las células del periostio se diferencian en osteoblastos y también en condrocitos, su único objetivo era saber cuál era el destino de las células periósticas durante la reparación ósea, (*Fig. 5*) así que mediante un rastreo de linaje, se demostró que entre las células propias del periostio se expresaba actina del músculo liso alfa y catepsina K, esta última es considerada una enzima lisosomal constituida por 215 aminoácidos, la cual es secretada como proenzima y se localiza en lisosomas en el borde rugoso del osteoclasto maduro y en la laguna de resorción sobre la superficie ósea, por consecuente, su principal función es la degradación de colágeno tipo I, y por lo tanto, es la encargada y pionera del remodelado óseo, sin embargo, cuando tenemos bajos niveles de esta, nos da como resultado que el osteoclasto está muy atenuado en su actividad y por lo tanto no hay una buena remodelación, básicamente es parte del metabolismo del hueso, lo que nos quiere decir, es que las células madre del periostio desempeñan un papel muy importante en la reparación ósea debido a su alto potencial de diferenciación condrogénica y su autorrenovación (11) (10).

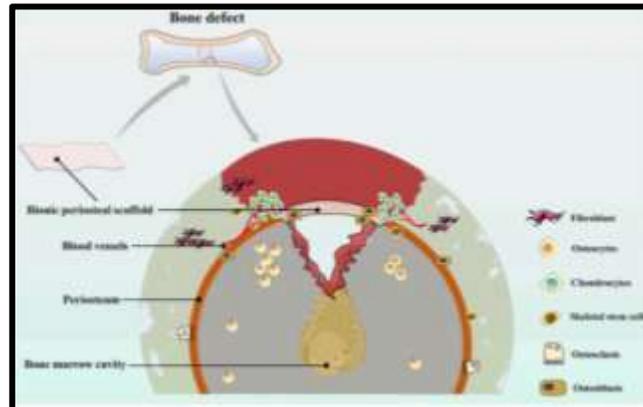


Fig. 5 Esquema del mecanismo de reparación ósea (12).

## 2 INJERTO ÓSEO

Es un biomaterial utilizado en la cirugía odontológica con el fin de promover la regeneración ósea y periodontal. En la ingeniería tisular y la medicina regenerativa, el desarrollo y estudio de la aplicación de materiales de la matriz extracelular originados de tejidos, se ha divulgado con mayor frecuencia, asimismo, los procesos de eliminar los componentes celulares han tenido el propósito de conservar la estructura tridimensional y el conjunto de componentes activos específicos del tejido que ayudan a evitar una respuesta inmune y un rechazo de biocompatibilidad (13) (9).

No todos los injertos óseos fomentan la neoformación de hueso o de una nueva inserción periodontal. Se considera a un injerto óseo a cualquier órgano, tejido o porción de este que sea utilizado, implantado o trasplantado a un tejido el cual tenga un defecto a reparar o corregir una deficiencia (13). *Fig. 6*

Las características que debe contener un injerto óseo son:

- \* Biocompatibilidad.
- \* Predictibilidad.

- \* Viabilidad clínica.
- \* Riesgos operatorios mínimos.
- \* Secuelas postoperatorias mínimas.
- \* Aceptación del paciente.

<b>Hueso Humano</b>	<b>Injertos Autógenos</b> Intraoral Extraoral
	<b>Injertos Alógenos</b> Hueso liofilizado Hueso liofilizado desmineralizado
<b>Sustitutos Óseos</b>	<b>Injertos Xenógenos OTROS XENOINJERTOS</b> Hidroxiapatita derivado de hueso bovino, equino y porcino Carbonato de Calcio Coralino
	<b>Injertos Aloplásticos</b> Polímeros Biocerámicos (Fosfato Tricálcico, Hidroxiapatita) Vidrios Bioactivos

Fig. 6 Tipos de injertos óseos y sus diferentes componentes (14).

Existen diferentes propiedades que se dan durante en la colocación del injerto que se emplea, como la osteogénesis, osteoinducción y osteoconducción.

## 2.1 Osteogénesis

Se define a la transferencia directa de células formadoras de hueso contenidas en el injerto óseo hacia la zona de regeneración, que son capaces de formar nuevo hueso. Por lo tanto, es considerado un potencial desencadenante para la formación ósea a través de la trasplatación de osteoblastos o precursores de estos (13) (15) (16). *Fig. 7*

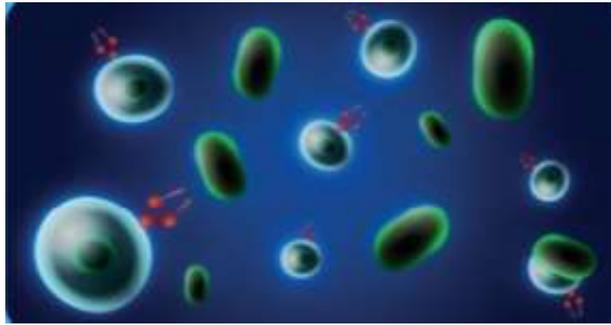


Fig. 7 Esquema de la Osteogénesis (17).

## 2.2 Osteoinducción

Se refiere cuando la nueva formación ósea es incitada a que el injerto óseo y el tejido blando entren en un contacto mucho más íntimo a nivel celular, es decir, promueve un estímulo, el cual motiva a la migración, reclutamiento y diferenciación de células madre mesenquimales multipotentes a células encargadas de la formación de hueso nuevo, específicamente en condroblastos y osteoblastos (*Fig. 8*). Todo esto es modulado por factores de crecimiento derivados de la matriz del injerto, los cuales son: proteínas morfogenéticas óseas 2, 4 y 7, factor de crecimiento derivado de plaquetas, interleuquinas, factor de crecimiento fibroblástico, factores estimuladores de las colonias de granulocitos-macrófago, el mineral óseo es extraído del injerto estimulada por dicha actividad; además se liberan factores angiogénicos como el crecimiento vascular derivado del endotelio y la angiogenina. El hueso crece

debido a que los materiales osteoinductivos inducen a las células a formar hueso nuevo donde no hay (13) (15) (16) (18).

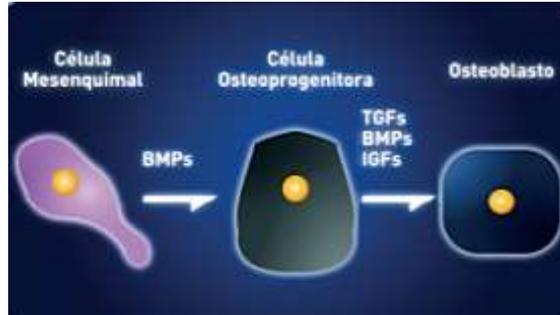


Fig. 8 Esquema de la osteoinducción (17).

### 2.3 Osteoconducción

Se considera a la función y estructura que el injerto óseo provee, una especie de andamio el cual proporciona un ambiente, estructura y material físico, con el fin de que sirva para que células osteogénicas formen el hueso nuevo adyacente del defecto (Fig. 9). Por consiguiente, se desencadena un crecimiento tridimensional de capilares, células madre mesenquimatosas, y tejido perivascular de la zona receptora hacia el injerto, dicho andamio tiene que cumplir con su función de soporte, así como ser biocompatible y suministrar estabilidad biomecánica (13) (18).

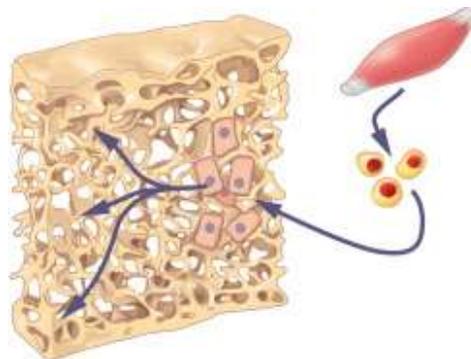


Fig. 9 Esquema de Osteoconducción (19).

## 2.4 Tipos de Injertos

### 2.4.1 Autoinjerto

Se define al injerto como un tejido que es traspasado de una posición a otra en el mismo individuo, se obtienen de zonas intraorales (la zona retromolar, la tuberosidad del maxilar, la rama de la mandíbula o el mentón, sitios postextracción de 8-12 semanas, etc.), se ha demostrado que la combinación con aloinjerto, mejora hasta un 50% más de llenado óseo; por otro lado, los injertos extraorales (cresta iliaca, calota, etc.), son utilizados para dedefctos oseas mas grandes o complejos la desventaja principal es que (Fig. 10) reuieren de un segundo sitio quirúrgico, en donde aumenta el riesgo de infección, dolor o molestia en la(s) zona(s) quirúrgicas(15) (13) (20).

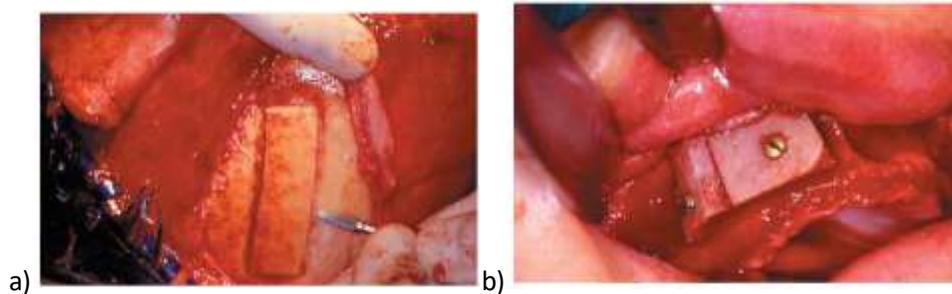


Fig. 10 a) Sitio donador cresta iliaca b) Colocación del autoinjerto óseo en bloque y sujetado con tornillos de titanio en la zona maxilar (21).

Los injertos autólogos o autoinjertos son potencialmente osteogénicos, ya que estos son procedentes de hueso esponjoso y médula ósea del mismo individuo, lo que resultan ser zonas donantes con abundante cantidad de células óseas (15).

### 2.4.2 Aloinjerto

Se considera un sustituto óseo que es extraído de un individuo de la misma especie, pero genéticamente diferente. Estos injertos son sometidos a un proceso el cual consta de varios pasos como: la limpieza, descontaminación,

tratamiento antibacteriano, deshidratación, tamaño de partícula y esterilización, a todo este seguimiento de pasos es sometido el aloinjerto seco congelado desmineralizado, por sus siglas en inglés DFDBA, además que se caracteriza por ser un aloinjerto osteoconductor y osteoinductor, asegurando que con un buen manejo de la técnica quirúrgica y uso del injerto se obtendrá un tratamiento exitoso; y el aloinjerto seco congelado, por sus siglas en inglés (FDBA), se diferencia del primero porque no pasa por la etapa de desmineralización (13) (15).

El origen que tienen los aloinjertos si influye en la osteoinducción y osteoconducción, ya que se ha demostrado que los injertos provenientes de cadáveres jóvenes son mucho mejor osteoinductores y osteoconductores que los injertos de cadáveres adultos. Otro factor es el tamaño de la partícula del injerto (*Fig. 11*), lo que contribuye en las propiedades, con tal razón, se ha revelado que, si las partículas miden menos de 125 micras, los macrófagos pueden fagocitarlas más rápido y evitar que nuevos vasos sanguíneos se formen (15).



Fig. 11 Hidratación con suero fisiológico a un aloinjerto (13).

La combinación y uso autoinjertos y aloinjertos en la regeneración ósea, ha demostrado que el 25% del volumen total se reabsorbe, además de que se produce un cambio de densidad en el injerto y hueso del individuo (20).

### 2.4.3 Xenoinjerto

Es aquel injerto que es originado de otra especie e injertado en otra distinta, puede ser proveniente de origen bovino, equino y coral natural. Específicamente el injerto de origen bovino se caracteriza por ser un mineral poroso y desproteinizado de origen natural, con composición mineral y estructura microporosa muy semejante a la del ser humano, de igual forma, el carbonato de calcio que posee el injerto proveniente del coral, también ha manifestado que es un buen osteoconductor y por lo tanto mejora la neoformación ósea (13) (15). *Fig. 12*



*Fig. 12* Xenoinjerto hidratado con suero fisiológico (13).

La efectividad del uso de los xenoinjertos ha demostrado que es un excelente material para aumentar la altura y volumen óseo en los defectos, ya que se ha demostrado que la matriz ósea bovina inorgánica junto con la combinación con hueso autógeno es una alternativa más que tiene la ROG (20). *Fig. 13*



Fig. 13 Xenoinjerto de origen bovino. InterOss® (22).

#### 2.4.4 Aloplástico o Hueso sintético

Es utilizado como un sustituto óseo en la colocación de un injerto, se define como un material de origen sintético o implante inorgánico, asimismo, se caracteriza por su gran capacidad osteoconductiva, la cual incita a la formación ósea. Este injerto se compone por dos grupos: los cerámicos y los polímeros (15). *Fig. 14*



Fig. 14 Partículas de Fosfato B-Tricálcico (23).

Los cerámicos incluyen en su composición fosfato b-tricálcico e hidroxiapatita, los cuales pertenecen al grupo de los fosfatos de calcio junto al sulfato de calcio y vidrios bioactivos, a diferencia de los cerámicos, los polímeros se dividen en naturales o sintéticos, donde los naturales incluyen sustancias y materiales como la agarosa, alginato, ácido hialurónico y chitosan, por otra

parte los sintéticos lo conforman el ácido poliglicólico, ácido poliláctico y polianhídrido (15).

### 3 MEMBRANA

Es considerado un biomaterial de barrera en las cirugías de regeneración o preservación ósea, por lo que durante un tiempo largo es indispensable que no pierda su función, mucho menos su estructura, pues de esto depende la óptima integración de tejido blando circundante. Son 4 semanas en la regeneración periodontal las que se consideran que la membrana no sufra daños en su integridad, como exposición y/o contaminación (16). *Fig. 15.*



Fig. 15. Exposición de membrana no absorbible (Cytoplast®) a los 6 meses postquirúrgico sin contaminación (24).

En la regeneración ósea el tiempo es mucho más prolongado, hasta 6 meses. El uso de membranas de barrera beneficia a la regeneración ósea evitando estructuras no deseadas, como un epitelio de unión largo en las regiones donde se colocó el injerto, además de permitir el aumento y proliferación de células óseas, y reducir considerablemente la resorción ósea implementada por los osteoclastos, en donde también, previene invasión de otras células en el defecto, del mismo modo, las membranas necesitan ser suficientemente flexibles pero al mismo tiempo con una ligera rigidez, para una mejor adaptación a la morfología del defecto óseo, con el fin, de evitar que se causen

micromovimientos y se genere el espacio adecuado para la regeneración ósea (8) (16). *Fig. 16.*



*Fig. 16* Recubrimiento del defecto óseo con membrana (25).

La membrana debe mantener su integridad estructural durante la maduración del tejido neoformado, es decir, de 4 a 6 semanas en RTG, pero en ROG de 6 meses a más, para garantizar la maduración del tejido óseo nuevo. La membrana no solo funciona como barrera, si no también ejerce actividad biológica en el defecto para que se lleve a cabo la regeneración (16).

Las características ideales y básicas que tiene que tener una membrana son: ser biocompatible, ser oclusiva a nivel celular, ser capaz de mantener un espacio y facilidad de uso. *Kaynar et al.*, (8) comparan la cicatrización ósea con o sin membrana de barrera, la membrana aumenta la integración de los injertos óseos, aceleran la formación y aumentan la calidad de la estructura ósea (8).

Las membranas requieren cierta flexibilidad para poder adaptarse al defecto óseo, y así mantener el espacio que necesita el nuevo hueso. En el empleo y uso de la membrana en ROG permite obtener estabilidad mecánica y evitar que se produzcan micromovimientos del material injertado; una membrana con hueso autógeno ha resultado clínicamente positivo y con un buen pronóstico,

sin embargo, hay criterios que mencionan que el empleo de la técnica de ROG no siempre trae consigo resultados clínicos favorables, pues no siempre realiza un relleno óseo óptimo al defecto (16). *Fig. 17*

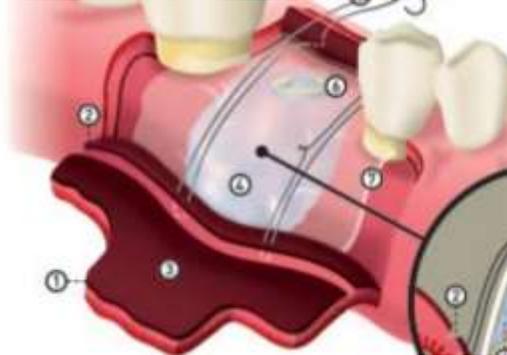


Fig. 17 Fijación de la membrana usando la técnica de sutura (26).

### 3.1 Tipos de Membrana

En la actualidad existen dos tipos de membranas las absorbibles y no absorbibles, se han convertido en una herramienta importante para cubrir el defecto e injerto óseo. De igual forma, se ha considerado que utilizar materiales no absorbibles en la ROG han mostrado resultados óptimos, sin embargo, como desventaja, la exposición tardía o temprana de estas, puede traer consigo la contaminación y, por consiguiente, una infección de los propios materiales que conducen a un fracaso de la cirugía. Dicho lo anterior, las membranas absorbibles también se emplean según su absorción y las necesidades que el tratamiento requiere, ambas tienen ventajas y desventajas, como a continuación se mostrarán (*Fig. 18*) (16) (27).

Membrana Grupos/Materiales	Ventajas	Desventajas
Polímeros Sintéticos (Politetrafluoroetileno)	Polímero inerte y estable en el sistema biológico	No absorbible
Poliésteres Alifáticos	Bioabsorbible Buen manejo y proceso	Falta de rigidez y estabilidad
Naturales (Colágeno y matriz extracelular derivado de bovino, porcino y tejido humano) Chitosan Alginato	Bioabsorbible Poca inmunogenicidad Incorporación de componentes biológicos	
Metales Titanio Aleación de Cromo-Cobalto	Alta tenacidad y plasticidad	No absorbible
Componentes Inorgánicos Sulfato de Calcio Fosfato de Calcio	Bioabsorbible Osteoconductividad	Poca tenacidad y plasticidad

Fig. 18 Tabla Clasificación de ventajas y desventajas de las membranas en la ROG de acuerdo al tipo de biomaterial que están conformadas (28).

### 3.1.1 Membranas Absorbibles

Estos materiales se utilizan como materiales de barrera y forman parte de polímeros naturales o sintéticos, como, por ejemplo: el colágeno y poliésteres alifáticos, mejor conocido como poliglicol (16). *Fig. 19*



Fig. 19 Membrana sintética y reabsorbible hecha de ácido poliláctico (29).

El colágeno es la proteína más abundante del cuerpo humano, por lo tanto, es tratado para la fabricación de membranas, ya que son considerados materiales reabsorbibles y han sido aceptados como un excelente material biocompatible, ya que induce a una respuesta inflamatoria e inmunológica mínima, al ser más compatible, reducen considerablemente la morbilidad y daño tisular, además al emplearla, se evita una segunda cirugía para retirarla. (16).

El tipo I y III de colágeno son los principales componentes de las membranas absorbibles y han demostrado que poseen acción quimiotáctica de fibroblastos, adhesión osteoblástica, capacidad hemostática e inmunogenicidad débil, esta última se define como la capacidad de una proteína terapéutica que genera respuesta inmune (16) (30). *Fig. 20*



Fig. 20 Membrana de colágeno tipo III en una ROG (29).

Sin embargo, ambos tipos de membranas tienen su estructura rígida, realizan un trabajo similar, es decir, mantendrán el coágulo con más firmeza y permitirá en un futuro próximo la neoformación de hueso. Así como, tienen sus ventajas también tienen sus desventajas, pues es difícil saber con exactitud sobre qué tan rápido puede reabsorberse y cuál sería el impacto, ya sea de forma parcial (en el hueso injertado) y/o en el proceso de regeneración, ya que se ha demostrado que si la membrana se reabsorbe rápido, la falta de rigidez de esta, puede traer consecuencias que nos lleven al fracaso del tratamiento, de igual manera, otra de las desventajas es que hay deficiencia para cubrir adecuadamente los injertos con partículas más grandes, es decir, que estas se espongan y se asocien a respuestas inflamatorias de los tejidos cercanos, y por si fuera poco la actividad enzimática de los macrófagos y neutrófilos (monocitos) hacen que la membrana se absorba aún más rápido, ya que, al entrar en contacto con agentes extraños, actúan de manera que, afecte la integridad estructural de la membrana, lo que provoca disminución de la función de barrera. Y finalmente, al momento de la absorción, la degradación enzimática inicia mediante colagenasas, macrófagos, enzimas derivadas de leucocitos polimorfonucleares y proteasas bacterianas (16).

### 3.1.2 Membranas No Absorbibles

Un ejemplo de estos materiales es el politetrafluoroetileno (PTFE), este tipo de membranas requieren un segundo procedimiento quirúrgico, con el fin, de retirarla cuando el hueso ya esté totalmente maduro (de 6 meses en adelante), para su retiro, la segunda intervención quirúrgica se vuelve con el paso del tiempo más difícil de manejar, ya que, el tejido blando se vuelve más fibroso y mucho más difícil de manipular. Sin embargo, estas membranas a pesar de no ser absorbibles su función de barrera es eficaz, porque tiene la capacidad de ser biocompatible, mantiene un espacio para la regeneración y mantiene el tiempo suficiente que el hueso requiere para la neoformación, además, de

tener menor riesgo de complicaciones, ser más predecible en su comportamiento con facilidad en su manipulación al momento de la colocación y el retiro de dichas membranas (16). *Fig. 21*



Fig. 21 Colocación de membrana de politetrafluoretileno. Membrana sintética no absorbible (29).

#### 4 DEFECTO ÓSEO

Un defecto óseo en la cresta alveolar residual, se define por la insuficiencia de masa ósea o una alteración en la forma del hueso (*Fig. 22*), de igual forma, involucra a tejidos blandos, ya que, estos tienden a colapsar en el proceso de cicatrización, de igual forma, la apariencia estética y sitios donde la retención de alimento y la dificultad del habla se presentan como problemas de infección y de fonética respectivamente; se pueden clasificar en defectos supraóseos (horizontales), infraóseos (verticales) e interradiculares (en la zona de furcación), de manera que, los tres se vinculan con la pérdida de soporte del diente, destrucción de la zona afectada y formación de colonias de bacterias, en donde por obvias razones, hay presencia de inflamación e infección, llamadas bolsas periodontales, por lo tanto la progresión de periodontitis se hace más visible clínicamente (31) (13) (15).



Fig. 22 Defecto óseo en la zona anterior de la arcada superior (32).

La destrucción ósea se realiza principalmente por los osteoclastos, ya que, estos son inducidos al hacer su función principalmente por una respuesta inflamatoria, de manera que, la destrucción de los tejidos de soporte y tejido conjuntivo va siendo cada vez más severa en cuanto a la progresión de la enfermedad, en donde el objetivo es mantener una distancia entre el infiltrado inflamatorio y la zona inflamatoria, y todo esto, se debe a que las células inflamatorias activan a los osteoclastos para la resorción ósea (13).

En los defectos óseos, los osteoclastos y fagocitos mononucleares aumentan en gran cantidad; la resorción en los espacios medulares procede desde el interior al exterior, por consecuencia, las trabéculas óseas adyacentes sufren de un adelgazamiento significativo y un ensanchamiento de los espacios medulares, debido a que, se produce destrucción, de igual forma, la reducción de volumen y altura del hueso se ven afectadas, a pesar de, ser un proceso normal, la remodelación ósea puede sufrir un desequilibrio en su sistema, y alterar el funcionamiento de los osteoblastos (células encargadas de la formación ósea), los cuales se activan por medio de la hormona llamada calcitonina, secretada por la tiroides, por otro lado, la parathormona secretada por la paratiroides, activa a los osteoclastos (células encargadas de la remodelación ósea) a realizar su función, lo que lleva a una pérdida ósea que

es originado por la actividad aumentada de los osteoclastos inducida por un proceso inflamatorio (15) (33) (34). Fig. 23

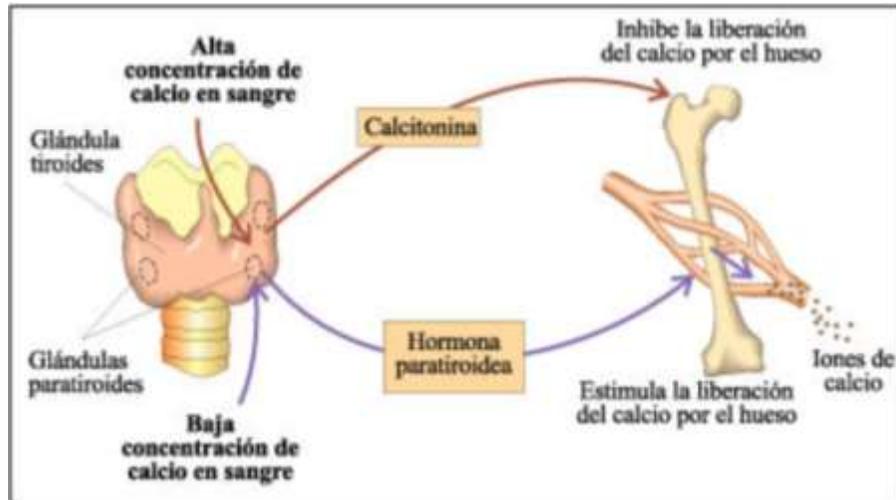


Fig. 23 Esquema de la actividad de las hormonas calcitonina (secretada por la tiroides) y de la parathormona (secretada por la paratiroides) (35).

Existen varios criterios a base de estudios que sostienen que la ROG solo se emplea en defectos óseos horizontales y no en verticales, ya que se considera que tiene un pronóstico más reservado (16).

#### 4.1 Clasificación según Lekholm y Zarb

Esta clasificación, identifica la calidad y cantidad ósea del individuo, por lo que, necesita de imágenes radiográficas, de manera que, se usa como herramienta frecuentemente, con el fin de, localizar los posibles sitios de futuras colocaciones de implantes. En donde la densidad ósea se clasifica en cuatro tipos, los cuales dependen de la cantidad de hueso cortical y trabecular. De igual manera, el volumen y la estructura del tejido óseo se evalúa conforme a la clasificación, específicamente con radiografías panorámicas y periapicales, además de la sensación táctil del operador para saber más minuciosamente en qué estado de dureza se encuentra el hueso (36) (37). Fig. 24

- **Tipo I:** Hueso compacto completamente compacto homogéneo.
- **Tipo II:** Se subdivide en 2a, 2b y 2c.
  - 2a: Capa gruesa de hueso compacto que rodea un núcleo de hueso trabecular denso.
  - 2b: Capa gruesa de hueso compacto que rodea un núcleo de hueso trabecular de densidad media.
  - 2c: Capa gruesa de hueso compacto que rodea un núcleo de hueso trabecular de densidad baja.
- **Tipo III:** Se subdivide en 3a y 3b.
  - 3a: Capa delgada de hueso compacto que rodea un núcleo de hueso trabecular denso.
  - 3b: Capa delgada de hueso compacto que rodea un núcleo de hueso trabecular de mediana densidad.
- **Tipo IV:** Capa delgada de hueso compacto que rodea el núcleo de hueso trabecular de baja densidad (36). *Fig. 24*

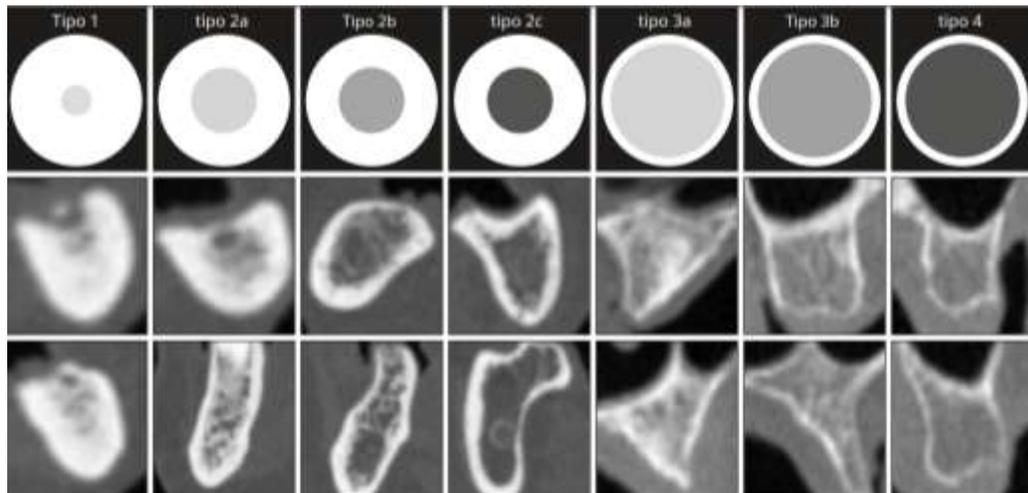


Fig. 24 Clasificación de Lekholm y Zarb. Con sus respectivas imágenes de tomografía computarizada (36).

El tratamiento de implantes interfiere directamente con la calidad y cantidad de hueso residual del individuo, debido a que, influye directamente en la

técnica quirúrgica y en el tipo de implante a colocar, de igual forma, es importante conocer las características óseas para el tratamiento regenerativo y protésico que se elegirá, sin embargo, no siempre se puede identificar con exactitud los tipos; los tipos 1 y 4 se pueden caracterizar más fácilmente, pero el tipo 2 y 3 y sus derivados es mucho más complicado, la densidad se diagnostica. Las unidades Hounsfield (HU) son las encargadas de medir la densidad ósea, por lo tanto, también se considera una herramienta para determinarla (37) (36).

#### 4.2 Clasificación según Seibert y Allen.

Seibert en 1983 clasificó las deformidades óseas de la cresta en:

- Clase I: Pérdida de la dimensión vestibulo-lingual/palatino, manteniendo la altura (dimensión apico-coronal).
- Clase II: Pérdida de la dimensión apico-coronal, manteniendo la anchura (dimensión vestibulo-lingual/palatino).
- Clase III: Pérdida de ambas dimensiones, tanto la anchura como la altura del reborde alveolar (31).

No obstante, cabe mencionar que, esta clasificación solo se dirige al defecto de la cresta de una sola arcada, sin embargo, la relación anchura/altura del defecto óseo a regenerarse se ha convertido en un elemento importante en el diagnóstico, pronóstico y tratamiento regenerativo y protésico del paciente (38). *Fig. 25*

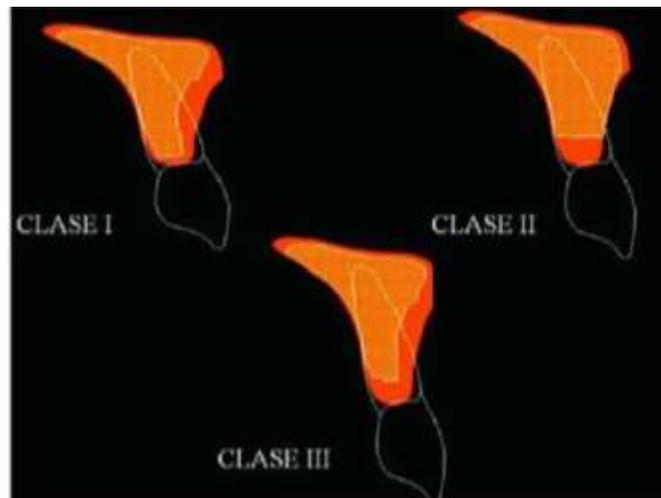


Fig. 25 Clasificación de Seibert. Dimensión y relación anchura/altura del defecto óseo (39).

Posteriormente en 1985 Allen complementó esta clasificación, en donde agregó y clasificó la severidad según la longitud de los defectos (40).

- Leve: Menor a 3 mm.
- Moderado: De 3 a 6 mm.
- Severo: Mayor de 6 mm. (40)

En la clase I, a nivel de tejido blando son poco frecuentes y más accesibles a cubrirse, sin embargo, a nivel de tejido duro, el aumento de la anchura (vestíbulo-lingual/palatino) de la cresta es poco común (31).

Por otro lado, la clase II y III tienen menos técnicas quirúrgicas para aumentar la altura de la cresta residual, por lo tanto, el pronóstico es mucho más reservado (31).

### 4.3 Defecto Horizontal

El defecto horizontal o defecto supraóseo se considera aquel que se encuentra coronalmente a la cresta ósea. Este tipo de defectos óseos son el resultado de algunos defectos óseos angulares que abarcan la zona interproximal, en donde el defecto puede medir una anchura mayor de 2.5 mm a 3 mm., ya que,

estos no se forman en superficies óseas delgadas, las cuales pueden o no tener suficiente hueso esponjoso, consecuentemente, se pierde la cresta ósea y se genera dicho defecto horizontal. Para la regeneración ósea, este tipo de defectos son más difícil de pronosticarlos, ya que, por su destrucción horizontal y su deficiente fuente celular para su proceso de cicatrización, son mucho menos predecibles, además de que, este tipo de defectos se les atribuye en un gran porcentaje a las personas mayores o con alguna enfermedad sistémica que implique riesgo de infección (15). *Fig. 26*



Fig. 26 Regeneración ósea guiada en un defecto óseo horizontal (41).

#### 4.4 Defecto Vertical

Se caracteriza por la zona en la que se localiza, debido que, puede abarcar desde el tercio apical hasta la cresta alveolar residual. A diferencia de los defectos horizontales, los defectos verticales tienen mucho mejor pronóstico, puesto que estos últimos tienen más paredes de donde poder nutrir a nivel celular el injerto óseo, de manera que, el material injertado con sus propiedades osteogénicas, osteoinductivas y osteoconductoras logre regenerar la zona. Los defectos verticales se clasifican por las paredes óseas residuales, una, dos o tres, entre más paredes tengan el pronóstico, más favorable es para la regeneración (15). *Fig. 27*



Fig. 27 a. Defecto vertical de una pared b. Defecto vertical de dos paredes. c. Defecto vertical de tres paredes (42).

No obstante, si la zona no recibe una terapia periodontal activa, la progresión de riesgo a periodontitis solo queda latente, de manera que, tiene que estar sometida a una etapa de mantenimiento, y así, disminuir el riesgo de enfermedad periodontal, es decir, que el paciente esté comprometido a sus citas y con su buena higiene bucal (15).

## 5 REGENERACIÓN ÓSEA GUIADA

Se considera un conjunto de técnicas que favorecen el proceso formativo de hueso nuevo en un defecto o zona ósea afectada, se implementa por la colocación de una membrana absorbible o no absorbible, la cual debe tener cierta permeabilidad y compatibilidad tisular, de manera que, forme un espacio por encima de un defecto óseo y por debajo del periostio, lo que permitirá que, las células osteoprogenitoras proliferen más rápido que las células epiteliales y células del tejido conectivo, asimismo, el organismo y la barrera tienen que actuar con eficacia y rapidez, de otro modo, si los tejidos blandos crecen más rápido, el tejido duro no se regenerará. La regeneración ósea funciona como tratamiento para pacientes que sufren defectos óseos, reconstrucciones craneofaciales, fracturas no consolidadas, o requieran un aumento y alargamiento de huesos, injertos óseos e implantes; de acuerdo a la complicación que se presente en el paciente, la ROG tiene sus limitantes, un

ejemplo de ello es el tamaño extenso de un defecto óseo, ya que, el pronóstico va cambiando dependiendo al tamaño, profundidad, sitios adyacentes de la lesión y la zona a regenerar. (43) (41) (26) (10) (27).

*Elgali et al.*, (28) menciona que “El principio de la ROG es usar membranas de barrera, ya sea absorbibles para excluir ciertos tipos de células como el epitelio de proliferación rápida y el tejido conectivo, y promover a las células de crecimiento más lento ser capaces de formar hueso. La ROG se combina con varios procedimientos que involucran al injerto de hueso” (28).

En la ROG, los osteoclastos comienzan con la resorción ósea, por lo que, se considera el primer paso, esto comienza entre la semana 3 y 4, de manera que, los osteoblastos comienzan a llegar a la zona de regeneración, mediante una señalización celular, llamada quimiotaxis. En los 3-4 meses comienza la fase de reversión, la cual consiste en que, los osteoblastos y osteoclastos comienzan realizar sus principales funciones de formar nuevo hueso y el proceso de resorción, respectivamente. Posteriormente, los osteoblastos se diferencian en osteocitos en donde comienza la fase de formación ósea y finalmente la de mineralización, en donde se caracteriza por tener un hueso maduro y más resistente (2). *Fig. 28 y 29*

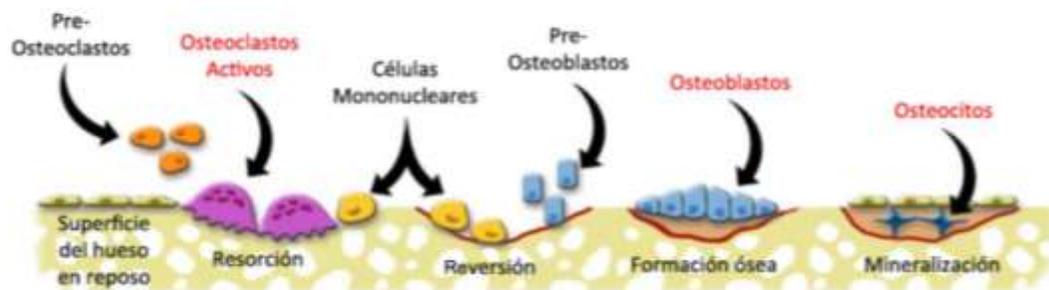


Fig. 28 Proceso de remodelación ósea. (44)

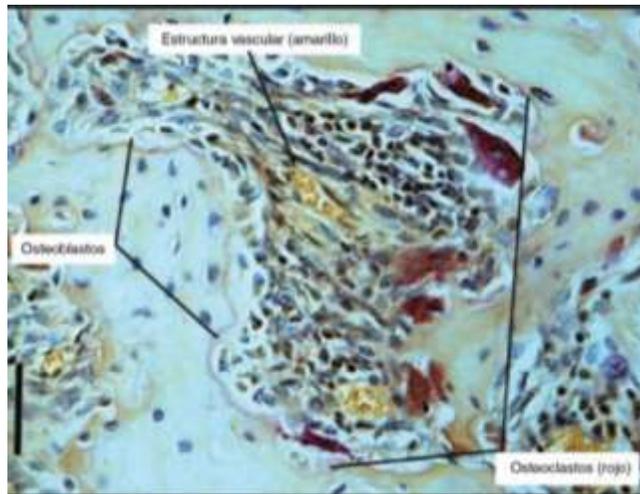


Fig. 29 Vista histológica del remodelado óseo con la formación de osteoblastos y resorción de los osteoclastos (2).

El uso de factores de crecimiento en la ROG, tiene una gran relevancia en tal cirugía (Fig. 30). A nivel histológico existe un reclutamiento de células madre progenitoras endógenas en el sitio de la lesión, estas células son aquellas que se pueden dividir y al mismo tiempo mantener la multiplicación de sí mismas, por otra parte generan células hijas que se diferencian de varias células especializadas, no solo en la forma de su estructura, sino también en sus respectivos efectos funcionales y de reparación local, de manera que contribuyen a llevar una regularización de las funciones biológicas de otros tipos de células (16).

	Estimulan formación	Estimulan reabsorción	Inhiben reabsorción
<b>Factores de crecimiento</b>	BMP-2 (Proteína morfogenética ósea-2) BMP-4 (Proteína morfogenética ósea-4) BMP-6 (Proteína morfogenética ósea-6) BMP-7 (Proteína morfogenética ósea-7) IGF-I (factor análogo a la insulina I) IGF-II (Factor análogo a la insulina II) TGF- $\beta$ (Factor transformante del crecimiento $\beta$ ) FGF (Factor de crecimiento fibroblástico) PDGF (Factor de crecimiento derivado de las plaquetas) VEGF (Factor de crecimiento vascular endotelial)	TNF (Factor de necrosis tumoral) EGF (Factor de crecimiento epidérmico) PDGF (Factor de crecimiento derivado de las plaquetas) FGF (Factor de crecimiento fibroblástico) M-CSF (Factor estimulante de colonias de macrófagos) GM-CSF (Factor estimulante de colonias de granulocitos y macrófagos)	
<b>Citoquinas</b>		IL-1 (Interleuquina -1) IL-6 (Interleuquina -6) IL-8 (Interleuquina -8) IL-11 (Interleuquina -11) PGE <sub>2</sub> (Prostaglandina E-2) PGE <sub>1</sub> (Prostaglandina E-1) PGG <sub>2</sub> (Prostaglandina G-2) PGI <sub>2</sub> (Prostaglandina I-2) PGH <sub>2</sub> (Prostaglandina H-2)	IFN- $\gamma$ (Interferón $\gamma$ ) IL-4 (Interleuquina-4)

Fig. 30 Tabla de los factores de crecimiento y citocinas que influyen en la regeneración ósea (34).

La regeneración ocurre dentro de la membrana de barrera, la angiogénesis es uno de los procesos más importantes, junto con la migración de células osteogénicas, que se dirigen desde la periferia del periodonto hasta el centro del defecto, asimismo, se crea un tejido de granulación vascularizado. El coágulo que se forma por la angiogénesis y la estructura del injerto óseo, hacen que, en el lugar del defecto, se forme un crecimiento vascular importante, con el objetivo de, inducir la formación de hueso laminar (hueso maduro) y, por último, se realice la remodelación, la cual es similar al crecimiento óseo (16). *Fig. 31*

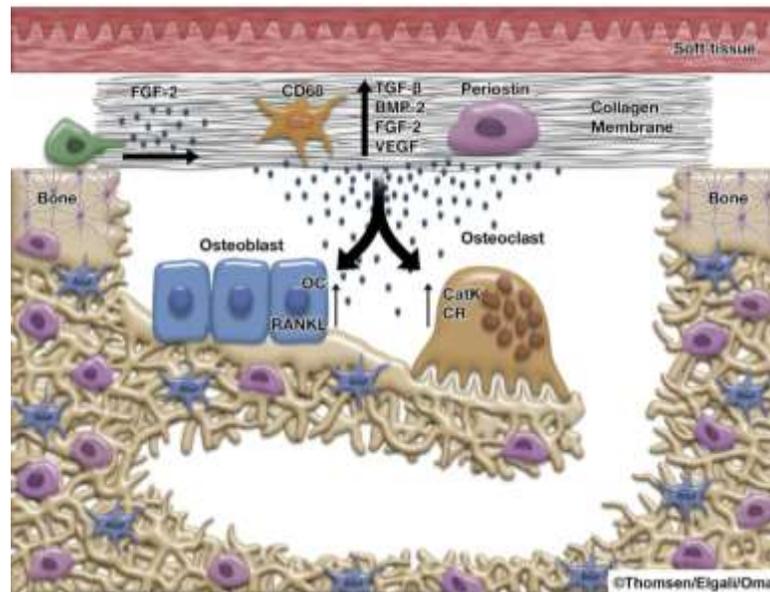


Fig. 31 Esquema a nivel celular y molecular durante la regeneración ósea guiada. El defecto óseo inducido experimentalmente se cubre con una membrana de colágeno (28).

En defectos óseos grandes, la formación de hueso se produce en la zona marginal de tejido conectivo laxo, asimismo, se requieren el uso de materiales de injerto óseo como un material adicional, ya que, estos actúan como un andamio (osteoconducción) y como factor osteogénico de sustancias osteoinductivas para la neoformación de hueso maduro. Este proceso regenerativo del hueso constituye una vía eficaz en la reconstrucción estructural y de función ósea in vivo. A continuación, se muestra una imagen que explica la cicatrización del hueso alveolar durante los 3, 7, 10 y 14 días *postquirúrgico* (16). Fig. 32

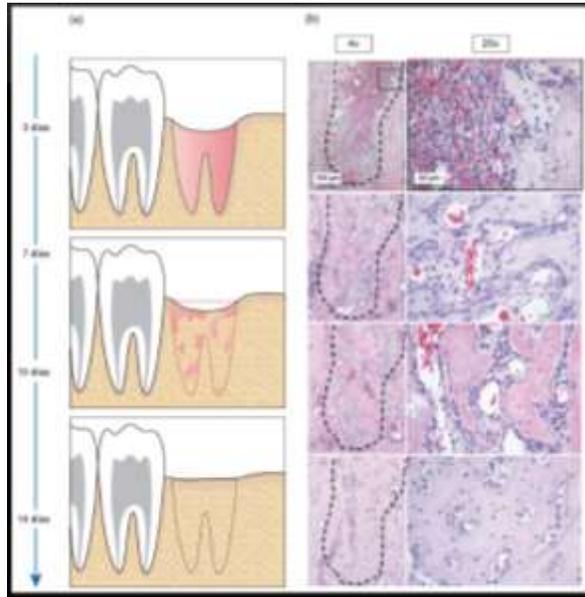


Fig. 32 Cicatrización del hueso alveolar durante los 14 días iniciales en un modelo animal (2).

## 5.1 Técnicas de regeneración ósea.

### 5.1.1 Regeneración ósea guiada con malla de titanio.

La malla de titanio en la ROG ha sido considerada un material muy efectivo, debido a su alta rigidez para la conservación del espacio que necesita el coágulo para que se forme el nuevo hueso, además, de tener baja densidad y ser un material biocompatible y resistente a la corrosión (*Fig. 33*); se demostró que el uso de la malla de titanio se puede lograr una formación y ganancia ósea vertical sin la existencia de tantas complicaciones, por ende, al quedar la malla de titanio completamente dentro y fija durante 6 a 9 meses de evolución postquirúrgico, la regeneración ósea se lleva a cabo sin ningún inconveniente, y finalmente el hueso madure adecuadamente y esté listo para ser sometido a la colocación y carga de un implante, por otro lado, si la malla sufre una exposición durante el periodo de estos 6 meses, la regeneración ósea puede verse muy afectada, esto va desde un crecimiento óseo incompleto a una nula regeneración (45) (46).



Fig. 33 Fijación de una malla de titanio en una ROG en la zona de molares inferiores (47).

No obstante, una de las ventajas del uso de la malla de titanio en la cirugía, es la dificultad de adecuar correctamente la malla a la morfología que presenta el defecto óseo, ya que, al cortar y manipular dicha malla, esta puede presentar un riesgo de exposición y posible infección en la zona en los siguientes días o semanas postoperatorias (46).

La tasa de exposición de las mallas de titanio es muy baja, y en dado caso que esta se llegara a exponer, no es necesario retirarla, debido a que su estructura porosa permite un suministro adecuado de la vascularización a los tejidos adyacentes con el fin de no interrumpir el flujo sanguíneo, por consiguiente, el riesgo de infección es mínimo. Una vez que se retira, debajo se encuentra una capa llamada “pseudoperiostio”, la cual se caracteriza por ser delgada y se compone de tejido conectivo y tejido de granulación (48).

Las propiedades mecánicas que posee, son su alta resistencia y rigidez, de manera que, es capaz de mantener el espacio para la osteogénesis y la conservación del volumen del hueso injertado se realicen, finalmente, la elasticidad que evita que el injerto óseo sea presionado por el colgajo. Dichas propiedades hacen de la malla de titanio un excelente material que logra su objetivo, el aumento óseo de ambas direcciones, horizontal y vertical (49).

Los factores de grosor y porosidad de la malla son importantes en la mecánica y en la cantidad de tejido blando que se desarrolla, ya que entre más pequeño sea el poro, menos cantidad de tejido blando se forma, asimismo, afecta en gran medida la proporción de tejido óseo, debido a que se ha demostrado que el poro de la malla de titanio es fundamental para que no se esponga durante los primeros 3 meses. Generalmente la malla de titanio es de 0.1, 0,6 y el más común 0,2 mm. de grosor (49).

#### 5.1.2 Regeneración ósea guiada con membrana de refuerzo de titanio

En el aumento de la altura del volumen óseo en una ROG se recomienda el uso de membranas con refuerzo de titanio, de manera que, permiten mantener el espacio por un tiempo más prolongado, lo que asegura la prevención de un colapso en la zona a regenerar (*Fig. 34*). Asimismo, el tejido óseo nativo no regenerado responde de manera similar que el nuevo hueso, de modo que, provee un excelente pronóstico a la futura colocación de implantes y rehabilitación protésica (46).

El inconveniente con estas membranas, es que el riesgo de desplazamiento en el cierre de la herida es mayor, por lo que, se puede presentar el colapso de la membrana, y por consiguiente, el espacio creado sufre afectaciones junto con el nuevo hueso (48).



Fig. 34 Fijación de una membrana no absorbible (PTEF) con refuerzo de titanio (50).

En un estudio *Cuchi et al.* (51) se demostró que este tipo de membranas con refuerzo de titanio arrojó resultados similares junto con las membranas de colágeno y mallas de titanio, los cuales durante 1 año los tejidos blandos y duros fueron estables solo con una pérdida menor a 1 mm (51).

Este tipo de membrana es impermeable a las bacterias y tiende a soportar la exposición siempre y cuando el tejido blando tenga todos sus bordes cubiertos, no obstante, si la infección es originaria por la contaminación de la membrana, no garantiza que la membrana no provoque dicha sepsis en la zona a regenerar; la membrana se caracteriza y es muy eficiente porque es mucho más fácil de manipular y adaptar al defecto óseo que una malla de titanio, sin embargo, requiere de una segunda intervención quirúrgica para su retiro, lo cual puede ser una desventaja (52).

#### 5.1.3 Técnica de injerto alveolar en cono de helado (ice cream cone technique) de Dennis Tarnow.

La técnica consiste en la regeneración y conservación del volumen óseo en los alveolos, fue descrita por *Elían et al.* (53) en 2007, la cual consiste en la restauración de la placa vestibular después de una extracción dental atraumática, es decir, ser mínimamente invasiva, con el fin de, preservar el contorno de tejido blando y duro (*Fig.35*). Se indica cuando un diente no tiene buen pronóstico y se tiene que extraer, o con un defecto de deshiscencia, de manera que, el abordaje quirúrgico tiene que ser cauteloso, en donde se deben de utilizar elevadores delgados y finos, si la situación se acompleja, se recomienda la odontosección con fresas de diamante fino, pero no se realiza ningún tipo de colgajo. Inmediatamente después de la extracción se irriga con solución salina para la eliminación de bacterias y prevenir una infección, así como evitar la perforación de tejido blando, debido a que se vuelve más débil y tiende a colapsar la estructura y soporte óseo. Posteriormente, la membrana de colágeno se confecciona en forma de cono de helado, además de que tiene

que ser resistente al desgarre y a la vez rígida, la cual pueda suturarse y finalmente permita regenerar el hueso; la parte estrecha de la membrana debe cubrir más allá del defecto de la pared bucal, por otro lado, la parte más ancha debe recortarse para cubrir al alveolo después de la colocación del injerto óseo, finalmente, el injerto tiene que comprimirse a tal punto de que no exceda más allá del alveolo y permanezca en su lugar, además de que el particulado de este es de 250-500 microgramos y ser un aloinjerto de hueso esponjoso liofilizado y mineralizado (54).

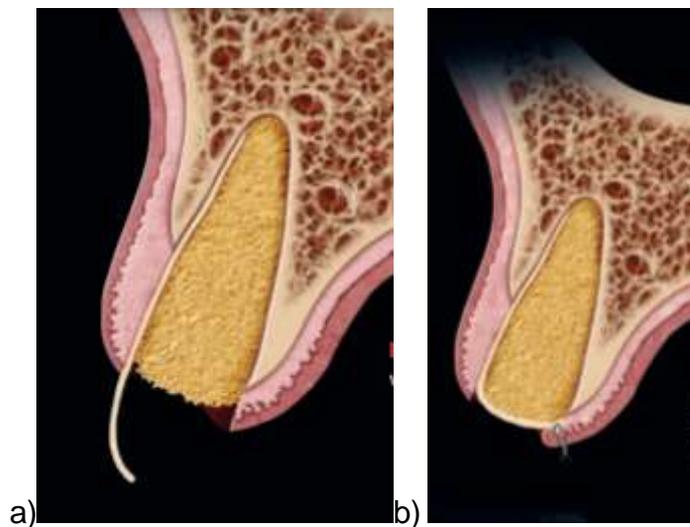


Fig. 35 a) Se rellena el alveolo después de la colocación de la membrana pegada a la pared vestibular de dicho alveolo. b) Se colocan puntos, de sutura reabsorbible en la membrana y en la mucosa adyacente (54).

En un estudio *Tan et al.* (55) demostraron que los cambios en la dimensión de la cresta, como la disminución de la anchura, se perdió 1.32 mm. después de la cicatrización, a diferencia del alveolo previo a la extracción (55).

#### 5.1.4 Osteogénesis por distracción o distracción ósea.

Es una técnica que es aplicada en el reborde alveolar, en donde el procedimiento es un proceso biológico de regeneración de hueso nuevo, además del estiramiento de una encía adherida a la masa ósea y fragmentos

óseos resultado de la osteotomía. Consta de un sitio del hueso del huésped, en donde se produzca una tracción gradual a nivel óseo, y otra del sitio de aproximación del defecto óseo alveolar, por consiguiente, al tener los dos puntos, se puede ejercer una fuerza en el hueso y provocar una consolidación ósea (*Fig. 36*), es una técnica muy ventajosa ya que, es mínimamente invasiva, de manera que, se necesita de un equipo de microcirugía y de mucha cautela en la tracción y fuerzas a la que se somete el hueso, para que el tejido fibroso que se llegue a formar, no sea un impedimento para la osteogénesis, sin embargo, para ayudar a una mejor osificación se han implementado técnicas, en donde membranas de colágeno cubran la zona subperióstica, lo que implica un retraso inicial en la osificación, de manera que, el depósito de calcio aumente después de 10 días de cicatrización, alcanzando su punto máximo a las 5 semanas de formación ósea (56) (57).

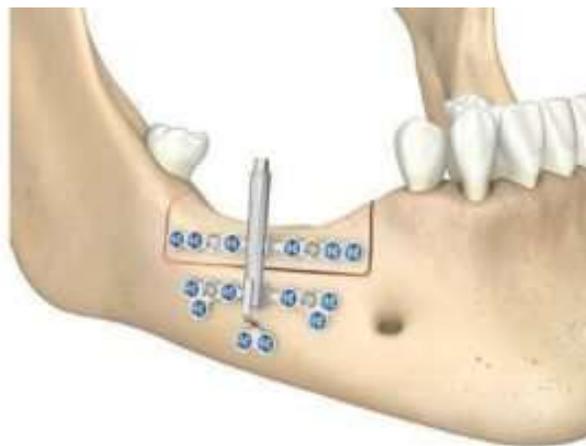


Fig. 36 Esquema de la técnica de distracción ósea en la zona mandibular con tracción apico-coronal (58).

La osteogénesis por distracción es un tratamiento eficaz, en un estudio *Martinelli et al.* (56) se demostró que se formaron puentes óseos en los sitios cubiertos de la membrana reabsorbible, la cual proporciona una cicatrización ósea escasa en la primera semana, pero al final, la calidad del hueso mejora abruptamente, y su formación se completa con los puentes óseos en los sitios

de aproximación cubiertos con la membrana de colágeno, no obstante, es importante mencionar que la técnica convencional de la osteogénesis por distracción se realiza sin cobertura de membrana (56).

Esta técnica se ha utilizado para el alargamiento, ensanchamiento y aumento del alveolo, también se ha implementado para la distalización canina, aumento alveolar por ausencia congénita o pérdida de dientes, manejo en diente anquilosado, en pacientes que les han extirpado algún tumor, segmentos hendidos, con el fin, de obtener mejor morfología, volumen y altura del reborde alveolar. Existen diferentes procedimientos para implementar la distracción osteogénica, ya que se divide en verticales, horizontales y sagitales, debido a la dirección y sitio donde se requiera (59).

Este proceso se recomienda en edades tempranas, entre los 9 y 10 años, justo antes de que los caninos erupcionen, con el objetivo, de aprovechar el desarrollo craneofacial del individuo. Normalmente el periodo de latencia es entre 4 y 7 días, debido a que, cada día tiene que obtenerse una tasa de activación de 0.5 mm (59).

#### 5.1.5 Expansión de corticales.

Fue desarrollada en 1970 por Hilt Tatum Summers, se define como un aumento inmediato de la dimensión vestibulo-lingual o palatino a nivel óseo del reborde, esta técnica consiste en dividir en dos secciones el reborde alveolar, diseccionando de distal a mesial se obtienen dos placas corticales y se van separando progresivamente para lograr un espacio intercortical, en donde el objetivo principal es restaurar el volumen y anatomía del reborde alveolar, ganar lo suficiente de hueso intercortical mediante un movimiento cortical inverso, para finalmente colocar un implante. Esta técnica ha demostrado que, es una vía eficaz y confiable para el aumento de la anchura

del reborde alveolar, de rebordes entre 3 y 6 mm. La técnica de bisagra es la más convencional (60) (61) (62). Fig.37

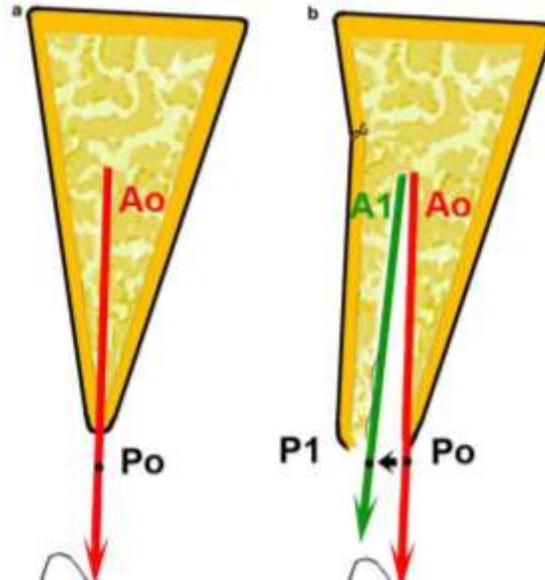


Fig. 37 Esquema de la expansión cortical convencional, movimiento en bisagra en la zona cortical a nivel apical. Posición del implante (P) y el eje (A) (60).

Durante la cirugía, se ajusta la inclinación de los implantes y a la vez, se consigue la expansión de las corticales usando fresas y cinceles, además de usar piezotome, un instrumento que reduce ampliamente las complicaciones quirúrgicas y previene dañar tejidos adyacentes; no se necesita de una segunda intervención quirúrgica, de manera que, solo se utiliza la cicatrización, la cual se basa en la plasticidad ósea que se crea, sin embargo, si se necesita de un injerto óseo, solo se necesita de una porción pequeña junto con una membrana de colágeno o una membrana semipermeable que lo cubra por completo, pero sin dejar atrás, la importancia de ganancia en la expansión ósea. La tasa de éxito de la colocación inmediata de los implantes mediante esta cirugía es del 88 al 98%. El alcance total de anchura y altura que podría alcanzar es de 4 a 5.5 mm y 1.5 a 3 mm. respectivamente (60) (63).

## 5.1.6 Aumentos de reborde (Injertos en bloque)

### 5.1.6.1 Tipo Inlay

En 1979, Meltzer describió esta técnica diseñada para regenerar defectos pequeños o moderados a nivel óseo, la cual consta de realizar un colgajo mucoperióstico de espesor total utilizando la osteotomía con segmento de "sándwich" (*Fig. 38a*), se hace la incisión cuidadosamente hacia la cresta alveolar, evita perder la irrigación sanguínea y gana visibilidad de la zona ósea a tratar, posteriormente, se toma el bloque óseo de 4 mm. como mínimo de altura, para que los tornillos sean colocados en el bloque sin riesgo de fractura del mismo, después de completar la osteotomía, se levanta el bloque del sitio donador, ya sea, derivado de la tuberosidad maxilar o palatina, y conservando el suficiente riego sanguíneo, al llegar a este punto de la extracción del bloque, este último, es sometido a ser confeccionado, contorneado y colocado en el sitio receptor (*Fig.38b*), de manera que si se genera un espacio se puede rellenar con injerto óseo particulado, sin embargo, no es muy recomendable implementarlo, ya que, genera inestabilidad en el bloque y para fijarlo involucra otros materiales más, como la malla de titanio o membrana de colágeno, etc.; las indicaciones incluyen a los defectos horizontales y verticales con un mínimo de 4 mm de ancho y 5 a 6 mm. de tejido óseo por encima del nervio alveolar inferior, con el fin de llevarse a cabo la osteotomía y establecer de 3 a 4 meses como periodo de cicatrización hasta que el hueso nuevo madure (64) (65).

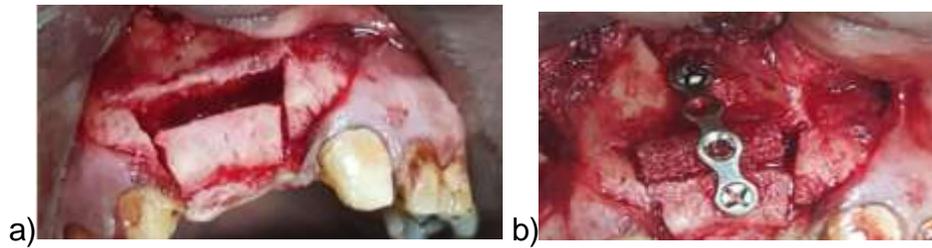


Fig. 38 a) Sitio receptor para aumento de reborde tipo inlay (forma de “sándwich”). b) Fijación del bloque de hueso con tornillos de titanio en la zona anterior del maxilar (sitio receptor) (66).

Una de las ventajas, es que la vascularización es más rápida y provoca mucho menos reabsorción del injerto, por otro lado, una de las desventajas es la manipulación y manejo de la técnica en una mandíbula atrófica, en donde puede existir el riesgo de lesión de fractura de la zona mandibular, del mismo modo, otro inconveniente, es que no se tome en cuenta la limitación del colgajo lingual, y por consiguiente, la vascularización sea pobre y complique la regeneración. En la sutura, la tensión es mínima y a nivel de la superficie epitelial de los tejidos circundantes, todo esto para que se mantenga la altura de la masa ósea lo más que se pueda (64) (65).

La dimensión del hueso que se reabsorbe es de 0 a 1 mm. de 1 a 4 años postoperatorios. Los aumentos óseos inlay demuestran menos reabsorción que los onlay, ya que el aumento óseo inlay está rodeado de hueso basal y periostio, además, de una basta irrigación sanguínea; se ha demostrado que, el biotipo periodontal en este tipo de aumento no influye en la integridad del volumen óseo (64) (67).

#### 5.1.6.2 Tipo Onlay

Fue una técnica descrita por Seibert en 1983, se caracteriza porque están indicadas las situaciones donde la morfología del paladar es irregular y está causando reabsorción excesiva, debido que los injertos en bloque tipo onlay

mejora las depresiones de defectos óseos horizontales y verticales indicadas para la sobreposición directa de un bloque óseo (68) (65).

Esta alternativa quirúrgica consiste en realizar un colgajo de espesor parcial en la zona a regenerar, con dos incisiones paralelas en la lámina propia del área, en donde se extrae el epitelio para exponer el tejido conjuntivo adyacente, además, de dos incisiones más para liberar (liberatrices) y ayudar a la adaptación de la mucosa para evitar la tensión. Posteriormente se perfora el hueso (cribación) para mejorar la osteointegración, mejore la retención del injerto y haya más riego sanguíneo, después se extrae un injerto gingival libre del paladar y se fija al lecho vascular del receptor, la cantidad aumenta dependiendo el grosor del injerto que se emplee. Se utiliza una disección subperióstica para exponer el alveolo (*Fig. 39*). Los injertos desmineralizados se colocan como cuando se presentan algunos espacios (gap's) a ser colocados en esta técnica, sin embargo, requieren que tanto el injerto como la membrana se coloquen para ser cubiertos, y en donde adhesivos tisulares, geles regenerativos a base de proteínas, sean un complemento para una regeneración exitosa. No obstante, es importante mencionar que, si existe una pérdida del volumen óseo durante la fase de curación, este procedimiento quirúrgico es necesario repetirlo en intervalos de 2 a 3 meses para alcanzar la altura y masa ósea deseada (68) (65) (64).

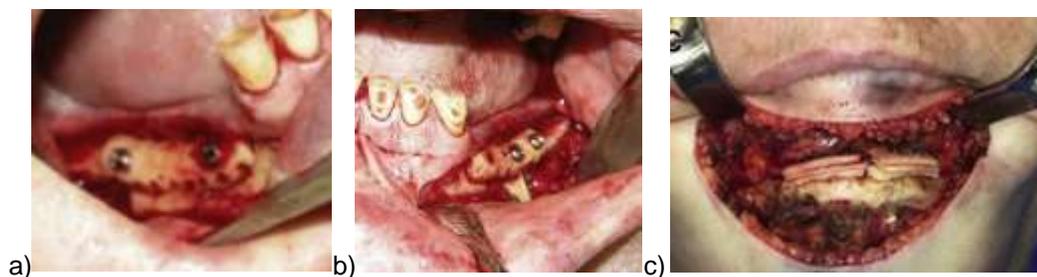


Fig. 39 a) y b) Sitios donadores (zona posterior de la mandíbula) del injerto en bloque tipo onlay. c) Sitio receptor (zona anterior de la mandíbula) con los dos bloques de hueso autógeno (64).

Las ventajas de esta técnica es la ganancia en dirección horizontal y vertical, asimismo, evitar la lesión del nervio alveolar inferior, por otro lado, las desventajas es el tiempo que tarda la cirugía y, que se necesita de un sitio donante (segundo sitio quirúrgico), los cuales son limitados (64).

En defectos de clase I, II y hasta en clase III según la clasificación de Seibert, se puede emplear esta técnica quirúrgica, consta de preparar el sitio receptor con un colgajo mucoperióstico, posteriormente, se realiza la cribación del hueso, después el injerto se extrae de la zona donadora en forma de “J” invertida para defectos verticales, por otro lado, en defectos horizontales el injerto tiene forma de carilla. Para defectos clase III, sufren de pérdida de anchura y altura del reborde, por lo que, se recomienda colocar un injerto en forma de “J” invertida o una técnica lamelar, es decir, se emplea una colocación de un injerto en forma de carilla junto injerto particulado para rellenar por completo el defecto, asimismo, el injerto tiene que estabilizarse por medio de tornillos, ya que ayudarán a tener una mejor osteointegración. El periodo de curación es de 3 a 6 meses. En las complicaciones resaltan la dehiscencia de la herida y por consecuente, la pérdida del injerto (68) (64).

#### 5.1.7 Técnica Bio-Col

La técnica Bio-Col consta de utilizar un apósito de colágeno reabsorbible y su principal función es actuar como barrera física, como una membrana, (*Fig.40*) ya que es indispensable promover la regeneración ósea durante los próximos 30 días o más, es utilizado como un material para preservación alveolar, el cual promete resultados óptimos para llevar a cabo un mantenimiento de tejidos blandos y minimizar la resorción del alveolo, además, garantiza que es efectivo evitando la migración epitelial y la neoformación de tejido conectivo. El apósito de colágeno en este procedimiento es un factor importante, el cual posee una alta biocompatibilidad con los tejidos orales, se considera un agente hemostático, estimula la capacidad de plaquetas, que da lugar a que, se

genera la fibrina en la cascada de coagulación, para finalmente, obtener un coágulo, de manera que, este contribuya a una forma más favorable de la estabilidad y maduración del hueso. También el colágeno se considera quimiotáctico con los fibroblastos, lo que da lugar, a la migración celular y promueve el cierre primario de la herida, con el fin, de obtener e inducir más eficientemente el crecimiento óseo (69).



Fig. 40 Técnica Bio-Col (70).

Se utiliza para reducir y evitar la reabsorción de la cresta alveolar, de igual manera, minimizar el trauma durante la extracción del diente. Está indicado en pacientes con algún trauma, infecciones, tratamiento de conductos o intervenciones quirúrgicas, así como presencia de un sangrado inadecuado, en donde todos estos factores afecten y comprometan la estética y ambas estructuras (tejido blando y duro) en la zona a regenerar. Los alveolos se preparan para colocar el injerto, además de cubrir con una membrana de colágeno, esta técnica evita que se realice un colgajo y estimule un cierre primario, manteniendo el volumen de tejido blando, el festoneado va a depender si se conserva o no, tomando en cuenta los provisionales que se empleen, por esta razón, es importante confeccionarlos, recortarlos y ajustarlos a los márgenes gingivales, sin embargo, en biotipos periodontales delgados son más vulnerables a la pérdida de la cresta ósea, se ha

mencionado que para biotipos delgados sea prudente realizar una profilaxis antibiótica (71).

A los 6 meses después de la extracción, el uso de la membrana de colágeno presenta cambios morfológicos en la preservación alveolar, de manera que, es importante mencionar que la morfología y la densidad ósea se tienen que mantener, ya que, juegan un papel fundamental en la preparación de la osteotomía en la colocación de implantes (69).

## 6 EL PERIOSTIO COMO MEMBRANA

El periostio contribuye positivamente a la osteogénesis y condrogénesis como injerto libre o vascularizado, se ha utilizado como material de injerto y membrana en tratamientos quirúrgicos, específicamente en regeneración ósea guiada, su biocompatibilidad con el organismo receptor es muy eficiente, por lo que no hay riesgo de rechazo ni gasto de tejido, en un estudio realizado por *Kaynar et al.*, (8) determinó la eficacia del periostio, tomaron en cuenta 4 grupos, y revisaron tres parámetros importantes, los cuales fueron: la neoformación ósea, el número de osteoblastos (potencial osteogénico) y el volumen de tejido conjuntivo, en algunos de los grupos de estudio el tejido conjuntivo predominó, lo que indica que, en estos casos no se llevó a cabo la ROG, ya que, dicho tejido conjuntivo proliferó antes que el hueso, sin embargo, en otro grupo de estudio, si se logró la ROG, lo cual indica que el periostio tiene capacidades regenerativas sin necesidad de la utilización de una membrana (8). *Fig. 41*

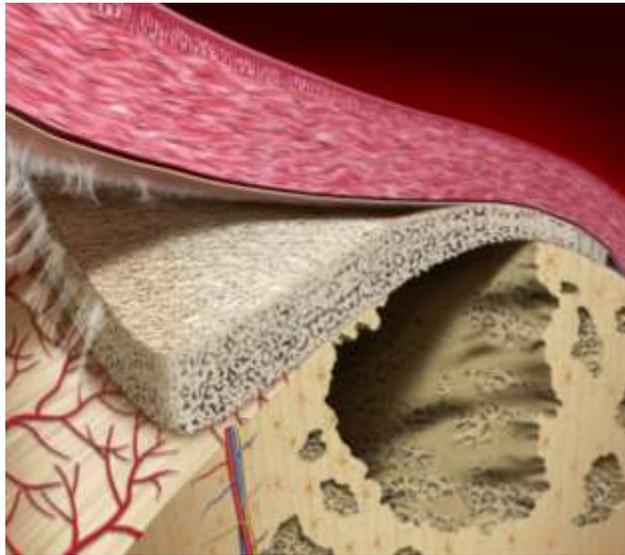


Fig. 41 Esquema del principio de la regeneración ósea guiada (ROG) (28).

En un estudio que realizó *Hasuike et al.*, (4) dio como resultado que el periostio puede por sí solo desempeñar un papel más completo como barrera física, además de ser el principal componente osteogénico. Conforme a las capacidades que se tienen del periostio, se ha demostrado que zonas óseas sin presencia de este, se encuentran más comprometidas a diferencia de las zonas con un periostio intacto. El periostio es sumamente delicado y delgado, por lo que, se tiene que manipular con mucho cuidado, ya que, tiende a desgarrarse muy fácilmente.

El periostio puede ser oclusivo, más no hermético, es decir, no bloquea totalmente el acceso de recursos endógenos, como células osteogénicas, factores de crecimiento o incluso sangre, ya que, se considera como el principal motor de vascularización en la zona de la herida, finalmente, es capaz de evitar en todo momento un contacto con el defecto óseo, con el fin de inhibir un crecimiento interno de tejidos blandos, favoreciendo así la osteogénesis (2) (4).

En otro estudio, *Xiao et al.*, (72) demostró que el periostio en ratones jóvenes es mucho más grueso, por lo tanto, tiene más potencial osteogénico, se dieron a la tarea de revisar si el periostio en pacientes jóvenes es más grueso, y descubrieron que sí, por consiguiente, tenía mucho más potencial osteogénico por la cantidad de células madre que contenía, a diferencia de los ratones viejos, el estudio consistía en colocar un periostio joven en el defecto óseo de un ratón viejo, con un autoinjerto de cresta iliaca, los resultados detectaron a las dos semanas postquirúrgicas que, el periostio ya había cubierto por completo la zona de la herida, no había presencia inflamatoria, y las células derivadas del periostio se ubicaron en la capa externa de la superficie de dicho tejido, y notaron que poseían una gran capacidad osteogénica y de autorrenovación, de manera que, mejoraba considerablemente la regeneración (72).

La ausencia del periostio en zonas con defectos óseos, se considera una limitante en la regeneración ósea; por otra parte, la membrana perióstica en la ROG deberá permanecer intacta sobre el injerto, ya que, proporcionará una fuente importante de vascularización, en donde la sangre y nutrientes ayuden al injerto a formar el coágulo que será el pilar en la regeneración (67).

En otro estudio *Verdugo et al.*, (73) demostró que al colocar un bloque óseo autólogo tipo onlay, el volumen óseo se mantenía por más de 3 años con implantes colocados, y lo más interesante es que el periostio, el biotipo periodontal y la placa cortical adyacente del paciente se encontraban íntegros, ya que, son parte fundamental para que los procedimientos quirúrgicos tengan un pronóstico más prometedor y favorable. (73)

Uno de los objetivos más importantes del periostio, es mantener el espacio entre sí mismo y el hueso alveolar residual, ya que, es crucial en la regeneración, para que, con el injerto particulado y en casos como el empleo

de autoinjertos en bloque, ya sea, tipo inlay u onlay, han demostrado que, solo hay presencia de una mínima absorción en la zona que se está regenerando, de manera que, se confirma que el periostio desempeña un papel importante en mantener el volumen y altura de la cresta ósea a un tiempo mucho más prolongado. El estudio de *Yang et al.*, (74) demostró que, por medio de microscopía de fluorescencia se formaba hueso nuevo en la capa más interna del periostio (capa osteogénica), por lo que, los componentes celulares que se encuentran en la zona, ocupaban a dicho periostio como medio para alcanzar la superficie del hueso. Además, se observó que, a las dos primeras semanas, el bloque óseo y el periostio están en contacto íntimo, por lo que es considerada una gran ventaja, ya que, hubo presencia de formación de hueso nuevo, en el otro grupo de estudio, en donde no había un contacto, se hizo presente infiltración inflamatoria en el sitio de la lesión. Posteriormente a las cuatro semanas el hueso aún no está maduro, pero se comprobó que si hay presencia de resorción ósea por la ligera activación de los osteoclastos. A las ocho semanas los osteoblastos se activan formando nuevo hueso, de tal manera que, así comienza la remodelación ósea (67) (74).

## 6.1 Ventajas

El uso de periostio como una membrana en la ROG ayuda enormemente en la formación de hueso y al cierre primario de la herida con el material injertado, además es fundamental para el aumento de la cresta ósea junto con los injertos, y es la fuente principal para el crecimiento de células madre osteogénicas multipotentes, las cuales, tienen propiedades fisiológicas únicas en la regeneración ósea, dando lugar a la angiogénesis que favorece la vascularización del injerto así como el cierre primario de la herida (75).

Por lo anterior periostio autólogo es una herramienta en la ROG por su alta biocompatibilidad, bajo nivel de morbilidad y rechazo (75).

## 6.2 Desventajas

El periostio debe evitar por completo sufrir daños o lesiones, es decir, estar intacto, sin embargo, en ocasiones durante los tratamientos de ROG, se debe incidir y elongar para mejorar las condiciones del colgajo, por lo tanto, la tasa de éxito en la regeneración se empieza a perder. (4)

En defectos óseos extensos, no se recomienda usar al periostio como membrana, ya que es muy difícil mantener y manipular el periostio en grandes dimensiones, por lo que se tendrán que emplear otras alternativas de acuerdo a la forma que contenga el defecto óseo. (40) (76).

En la ingeniería tisular, un estudio *He et al.*, (9) se creó un periostio acelular, el cual ha sido diseñado para sustituir el periostio autólogo, este periostio acelular es procesado para eliminar cualquier antígeno, con el fin de mejorar la biocompatibilidad disminuyendo el rechazo y la morbilidad. Dicho lo anterior, el periostio acelular ha arrojado buenos resultados, centrados en la estructura y función del tejido, ya que se comprobó que evitó el crecimiento de tejidos conectivos fibrosos (epitelio de unión largo), y lo más importante facilitó la ROG en las zonas afectadas, sin embargo, la tasa de éxito de un periostio autógeno sigue siendo mucho mayor por la cantidad de células osteoprogenitoras (8) (9).

## CONCLUSIONES

El periostio nos brinda una alternativa más en la ROG, con su gran potencial osteogénico, demuestra que es capaz de funcionar como una membrana natural, es decir, realiza el mecanismo de barrera, además, de ayudar a la proliferación y diferenciación de células óseas para que sean capaces de inducir a la neoformación ósea en defectos que sufre el hueso junto con el injerto óseo implementado.

Es importante tomar en cuenta que, usar el periostio como membrana, garantiza ampliamente la biocompatibilidad, reduce considerablemente la morbilidad y transmisión de infecciones, es mucho más favorable en la conservación del volumen óseo y el tiempo en la técnica quirúrgica.

El periostio demostró que su potencial osteogénico es fundamental en la regeneración y remodelación ósea, el utilizarlo como membrana es más eficiente y rápido, sin embargo, es necesario conservarlo intacto en todo momento para lograr el éxito en cualquier tratamiento de regeneración.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 Fernández-Tresguerres Hernández-Gil , Alobera Gracia MA, del Canto Pingarrón M, Blanco Jerez L. Bases fisiológicas de la regeneración ósea I. Histología y fisiología del tejido óseo. Medicina Oral Patol Oral Cirugía Bucal. 2006; 11: p. 47-51. Disponible en: [https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1698-69462006000100011](https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1698-69462006000100011)
- 2 Lang NP, Lindhe J. Periodontología clínica e implantología odontológica. sexta ed. Buenos Aires: Médica Panamericana; 2017.
- 3 Dresing K, Lumpp B. Aotrauma. [Internet]. [citado 14 de Febrero 2023]. Disponible en: [FSP\\_ORP\\_Lectures\\_Spanish\\_Bone%20anatomy%20and%20healing\\_Final.pdf](#).
- 4 Hasuike A, Ujiie H, Senoo M, Furuhashi M, Kishida M, Akutagawa H. Pedicle Periosteum as a Barrier for Guided Bone Regeneration in the Rabbit Frontal Bone. In vivo. 2019; 33(3). Disponible en: <https://iv.iiarjournals.org/content/33/3/717.long>
- 5 Lifeder. [Internet].; 2022 [citado 14 Febrero 2023]. Disponible en: <https://www.lifeder.com/endostio/>.

- 6 Montalvo Arenas C. BIOLOGÍA CELULAR E HISTOLOGÍA MÉDICA. Tejido Óseo. Universidad Nacional Autónoma de México. 2010. Disponible en:  
[https://bct.facmed.unam.mx/wpcontent/uploads/2018/08/tejido\\_oseo\\_2010.pdf](https://bct.facmed.unam.mx/wpcontent/uploads/2018/08/tejido_oseo_2010.pdf)
- 7 Vigo FdBUD. [Internet].: Medigraphic; 2023 [citado 02 Marzo 2023]. Disponible en: [https://mmegias.webs.uvigo.es/guiada\\_a\\_oseo.php](https://mmegias.webs.uvigo.es/guiada_a_oseo.php).
- 8 Kaynar M, Yilmaz N, Bakirtas M. Application of Autogenous Periosteum as a Membrane in Sinus Lifting. Department of Oral and Maxillofacial Surgery, Faculty of Dentistry, Ondokuz Mayıs University, Samsun, Department of Pathology, Samsun Training and Research Hospital, Samsun, Turkey. Enero 2018; 15(4). Disponible en: <https://www.com/pages/default.aspx>
- 9 He J, Li Z, Yu T, Wang W, Tao M, Wang S. In vitro and in vivo biocompatibility study on acellular sheep periosteum for guided bone regeneration. Biomedical Materials. 13 Febrero 2020; 15(1). Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-605X/ab597f>
- 10 Ono N. The mechanism of bone repair: Stem cells in the periosteum dedicated to bridging a large gap. University of Texas Health Science Center at Houston School of Dentistry. 15 Noviembre 2022; 3(11). Disponible en: [https://www.cell.com/cellreportsmedicine/fulltext/S26663791\(22\)003664?\\_returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS2666379122003664%3Fshowall%3Dtrue](https://www.cell.com/cellreportsmedicine/fulltext/S26663791(22)003664?_returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS2666379122003664%3Fshowall%3Dtrue)
- 11 Muñoz Torres M, García Reyes R. Cathepsin K and bone resorption. Revista Española de Enfermedades Metabólicas Óseas. 01 Enero 2006; 15(4): p. 88-89. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-reemo-70-articulo-catepsina-k-resorcion-osea-13090759>
- 12 Wang , Chen , Chen ZM, Wang FP, Xia. Current strategies in biomaterial-based periosteum scaffolds to promote bone regeneration: A review.

- Journal of Biomaterials Applications. 2023; 37(7): p. 1259-1270. Disponible en:
- [https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/08853282221135095?url\\_ver=Z39.88-2003&rfr\\_id=ori:rid:crossref.org&rfr\\_dat=cr\\_pub%20%20pubmed](https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/08853282221135095?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori:rid:crossref.org&rfr_dat=cr_pub%20%20pubmed)
- 13 Vargas Casillas P, Yáñez Ocampo BR, Monteagudo Arrieta CA. Periodontología e Implantología. 1st ed.: Médica Panamericana; 2016.
- 14 Restifo A. Aplicación de la regeneración tisular guiada y del injerto de tejido óseo en la cirugía endodóntica. 2008. Disponible en: [https://www.carlosboveda.com/Odontologosfolder/odontoinvitadoold/odontoinvitado\\_57.htm](https://www.carlosboveda.com/Odontologosfolder/odontoinvitadoold/odontoinvitado_57.htm)
- 15 Vargas Casillas AP, Yáñez Ocampo RB, Monteagudo Arrieta CA. Periodontología e Implantología 2da edición: Médica Panamericana; 2022.
- 16 Morales Navarro D, Vila Morales D. Regeneración ósea guiada en estomatología. Revista Cubana de Estomatología. 2016; 53(1). Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-75072016000100008](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75072016000100008)
- 17 Orthob. Orthob Dental. [Internet].; 2016 [citado 15 Marzo 2023]. Disponible en: <https://www.orthob.com/biograft/>.
- 18 Tortolini P, Rubio S. Diferentes alternativas de rellenos óseos. Av. Periodoncia e Implantología Oral. 24 Diciembre 2012; 24(3). Disponible en: [https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1699-65852012000300003](https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1699-65852012000300003)
- 19 Docquier L, Schubert T. Técnicas e indicaciones de los injertos óseos y osteocartilaginosos.: Técnicas Quirúrgicas-Ortopedia y Traumatología. Diciembre 2020; 12(4). p. 1-26. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211033X20443415>
- 20 T. Jensen O. The Sinus Bone Graft. 2nd ed.: Quintessence; 2006.
- 21 González García R, Naval Gías L, Muñoz Guerra MF, Sastre Pérez J, Rodríguez Campo F, Gil-Díez Usandizaga JL. Cirugía prepotésica e implantológica en pacientes con atrofia maxilar severa. Cirugía

- prepotésica e implantológica. 10 octubre 2004. Disponible en: [https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1698-44472005000400009](https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1698-44472005000400009)
- 22 Salugraft. InterOss, el xenoinjerto cien por ciento natural que llega pisando fuerte. Salugraftdental. Noviembre 2021. Disponible en: <https://salugraftdental.com/contenido-formativo/inteross-xenoinjerto-bovino-particulado/>
- 23 Osteophoenix. [Internet]. [citado 14 Febrero 2023]. Disponible en: <https://osteophoenix.com/blog/mejores-injertos-hueso-sinteticos>.
- 24 Hernández M. Oralsurgerytube. Universidad Católica San Antonio. [Internet].; 2021 [citado 22 Febrero 2023]. Disponible en: <http://oralsurgerytube.com/?controller=pcp&action=watchPcp&id=70>.
- 25 Turrini R. Leone. [Internet].; 2020 [citado 15 Marzo 2023]. Disponible en: <https://www.leone.it/publicaciones/tag/membrana-de-colageno-reabsorbible/>.
- 26 Urban I, Lozada J, Wessing B, Suárez López F, Wang HL. Vertical Bone Grafting and Periosteal Vertical Mattress Suture for the Fixation of Reabsorbable Membranes and Stabilization of Particulate Grafts in Horizontal Guided Bone Regeneration to Achieve More Predictable Results: A Technical Report. Quintessence Publishing. 2016; 33(2). Disponible en: [http://quintpub.com/journals/prd/abstract.php?iss2\\_id=1357&article\\_id=16011&article=2&title=Vertical%20Bone%20Grafting%20and%20Periosteal%20Vertical%20Mattress%20Suture%20for%20the%20Fixation%20of%20Resorbable%20Membranes%20and%20Stabilization%20of%20Particulate%20Grafts%20in%20Horizontal%20Guided%20Bone%20Regeneration%20to%20Achieve%20More%20Predictable%20Results:%20A%20Technical%20Report#.ZDX5GHbMI2x](http://quintpub.com/journals/prd/abstract.php?iss2_id=1357&article_id=16011&article=2&title=Vertical%20Bone%20Grafting%20and%20Periosteal%20Vertical%20Mattress%20Suture%20for%20the%20Fixation%20of%20Resorbable%20Membranes%20and%20Stabilization%20of%20Particulate%20Grafts%20in%20Horizontal%20Guided%20Bone%20Regeneration%20to%20Achieve%20More%20Predictable%20Results:%20A%20Technical%20Report#.ZDX5GHbMI2x)

- 27 Cucchi A, Vignudelli E, Franceschi D, Randellini E, Lizio G, Fiorino A. Vertical and horizontal ridge augmentation using customized CAD/CAM titanium mesh versus without resorbable membranes. A randomized clinical trial. *Clinical Oral Implants Research*. 22 Septiembre 2021; 32(12): p. 1411-1424. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/clr.13841>
- 28 Elgali I, Omar O, Dahlin C, Thomsen P. Guided bone regeneration: materials and biological mechanisms revisited. *European Journal of Oral Sciences*. Octubre 2017; 125(5): p. 315-337. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/eos.12364>
- 29 Vargas J. Membranas de uso en regeneración ósea guiada. *Odontología Vital*. Enero 2016;(24). Disponible en: [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1659-07752016000100035](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-07752016000100035)
- 30 Ministerio de salud y protección social Colombia. [minsalud.gov.com](http://minsalud.gov.com). [Internet].; 2015 [citado 07 Febrero 2023]. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/2016-02-29guia-inmunogenicidad-consulta-omc.pdf>.
- 31 Fayaz A, Kaur Bali S, Mir S, Nazir Qazi S, Ahmad Shah S. Evaluation of the Patterns of Maxillary Anterior Alveolar Ridge Defects- A Cross Sectional Study. *International Journal of Contemporary Medical Research*. Agosto 2020; 7(8). Disponible en: [https://www.ijcmr.com/uploads/7/7/4/6/77464738/ijcmr\\_3174.pdf](https://www.ijcmr.com/uploads/7/7/4/6/77464738/ijcmr_3174.pdf)
- 32 Vieira D. Propdental. [Internet].; 2021 [citado 02 Marzo 2023]. Disponible en: <https://www.propdental.es/blog/implantes-dentales/injerto-de-hueso/>.
- 33 Santiago L. Fisiología de las glándulas paratiroides. Disfunción y parámetros funcionales de laboratorio en paratiroides. *Rev. ORL*. 2020; 11(3): p. 341-345. Disponible en: [https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2444-79862020000300010](https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2444-79862020000300010)

- 34 Fernández-Tresguerres I, Alobera Gracia MA, del Canto Pingarrón , Blanco Jerez. Bases fisiológicas de la regeneración ósea II. El proceso de remodelado. Med Oral Patol Oral Cir Bucal. 2006; 11(E151-7). Disponible en: [https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1698-69462006000200012](https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1698-69462006000200012)
- 35 M. Vitoria V. Blog Fisiología y Anatomía Humana. [Internet].; 2011 [citado 02 Marzo 2023]. Disponible en: <https://profesorjano.wordpress.com/2011/02/06/materiales-regulacion-del-calcio/>.
- 36 Al-Ekrish AA, Alfadda SA. Revised, Computed Tomography-Based Lekholm and Zarb Jawbone Quality Classification. The International Journal of Prosthodontics. 2018; 31(4). Disponible en: [http://www.quintpub.com/journals/ijp/full\\_txt\\_pdf\\_alert.php?article\\_id=18555&iss\\_id=ijp/ijp\\_31\\_4\\_Al-Ekrish\\_p342.pdf](http://www.quintpub.com/journals/ijp/full_txt_pdf_alert.php?article_id=18555&iss_id=ijp/ijp_31_4_Al-Ekrish_p342.pdf)
- 37 Reis Oliveira M, Gonzalvez A, Marisa Aparecida CG, De Andrade CR, Hochuli Viera E. Evaluation of Alveolar Bone Quality: Correlation Between Histomorphometric Analysis and Lekholm and Zarb Classification. The Journal of Craniofacial Surgery. Septiembre 2021; 32(6): p. 2114-2118. Disponible en: [https://journals.lww.com/jcraniofacialsurgery/Abstract/2021/09000/Evaluation\\_of\\_Alveolar\\_Bone\\_Quality\\_Correlation.37.aspx](https://journals.lww.com/jcraniofacialsurgery/Abstract/2021/09000/Evaluation_of_Alveolar_Bone_Quality_Correlation.37.aspx)
- 38 Kao D, Fiorellini J. Clasificación de la relación de la cresta alveolar interarcada. Revista Internacional de Odontología Restauradora y Periodoncia. 2010; 14(5): p. 522-529.
- 39 González de Vega A, Carmona Rodríguez J. Alternativas estéticas en el tratamiento implantológico del sector anterosuperior. Ciencia y clínica. 23 Marzo 2009. Disponible en: <https://gacetadental.com/2009/03/alternativas-estticas-en-el-tratamiento-implantolgico-del-sector-anterosuperior-8554/#:~:text=La%20correcta%20est%C3%A9tica%20del%20sector,tratamientos%20implantol%C3%B3gicos%20del%20sector%20anterosuperior>

- 40 García Gargallo M, Yassin García S, Bascones Martínez A. Técnicas de preservación de alveolo y de aumento del reborde alveolar: Revisión de la literatura. Av Periodon Implantol. 2016; 28(2): p. 71-81. Disponible en: [https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1699-65852016000200003](https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1699-65852016000200003)
- 41 Caubet Biayna , Heras Rincón , Sánchez Mayoral , Morey Mas , Iriarte Ortabe. Manejo de defectos óseos anteroposteriores en el frente estético. Rev Esp Cir Oral y Maxilofac. 2009; 31(2): p. 81-97. Disponible en: <https://www.gbcom.es/wp-content/uploads/2019/10/Rev-Esp-Cir-Oral-y-Maxilofac-2009.pdf>
- 42 López M. Defectos Óseos: Diagnóstico Radiográfico. Universidad Andrés Bello Facultad de Odontología Cátedra de Periodoncia. 2000; 22. Disponible en: [https://www.emagister.com/uploads\\_courses/Comunidad\\_Emagister\\_68945\\_68945.pdf](https://www.emagister.com/uploads_courses/Comunidad_Emagister_68945_68945.pdf)
- 43 Hu K, Olsen BR. The roles of vascular endothelial growth factor in bone repair and regeneration. Bone. 2016; 91: p. 30-38. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S8756328216301752?via%3Dihub>
- 44 Giribone J, Catagnetto P. Osteonecrosis de los maxilares inducida por bifosfonatos; lo que el odontólogo debe saber hoy: pautas y protocolos. Odontoestomatología. Mayo 2013; 15(21): p. 45-58. Disponible en: [http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1688-93392013000100006](http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1688-93392013000100006)
- 45 Cucchi A, Vignudelli E, Napolitano A, Marchetti C, Corinaldesi G. Evaluation of complication rates and vertical bone gain after guided bone regeneration with non-resorbable membranes. A randomized clinical trial. Clin Implant Dent Relat Res. 2017; 19: p. 821-832. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/cid.12520>

- 46 Bertran Faus A, Cordero Bayo J, Velasco E, Torrejon A, Fernández F, García F. Customized Titanium Mesh for Guided Bone Regeneration with Autologous Bone and Xenograft. *Materials*. 2022; 15(6271). Disponible en: <https://www.mdpi.com/1996-1944/15/18/6271>
- 47 Lizio , Pellegrino , Corinaldesi , Ferri , Marchetti C, Felice. Guided bone regeneration using titanium mesh to augment 3-dimensional alveolar defects prior to implant placement. A pilot study. *Clinical Oral Implants Research*. 2022; 33: p. 607–621. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/clr.13922>
- 48 Briguglio , Falcomata , Marconcini S, Fiorillo , Briguglio , Farronato. The Use of Titanium Mesh in Guided Bone Regeneration: A Systematic Review. *International Journal of Dentistry*. 2019. Disponible en: <https://www.hindawi.com/journals/ijd/2019/9065423/>
- 49 Xie Y, Li S, Zhang , Wang C, Cai. Titanium mesh for bone augmentation in oral implantology: current application and progress. *International Journal of Oral Science*. 2020; 12(37). Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7773733/>
- 50 Aronna N. ESTABILIZACIÓN DE NUESTRA MEMBRANA EN REGENERACIÓN ÓSEA. CHINCHETAS DE FIJACIÓN O SUTURA PERIÓSTICA. [Internet].; 2020 [citado 27 Febrero 2023]. Disponible en: <https://dentalsurgerychannel.com/2020/04/estabilizacion-de-nuestra-membrana-en-regeneracion-osea-chinchetas-de-finjacion-o-sutura-periostica/>.
- 51 Cucchi , Vignudelli E, Fiorino A, Pellegrino G, Corinaldesi. Vertical ridge augmentation (VRA) with Ti-reinforced d-PTFE membranes or Ti meshes and collagen membranes: 1-year results of a randomized clinical trial. *Clin Oral Impl Res*. 19 octubre 2020; 32: p. 1-14. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/clr.13673>
- 52 Belleggia F. Exposure management of a titanium-reinforced dense polytetrafluoroethylene mesh used in a vertical ridge augmentation: a case

- report with 1-year follow-up. American Academy of Periodontology. 2021;;  
p. 1-10. Disponible en:  
<https://aap.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/cap.10179>
- 53 Elian N, Cho SC, Froum S, B. Smith, Tarnow DP. A simplified socket classification and repair technique. Pract Proced Aesthet Dent. 19 Marzo; 2007; (2): p. 99-104 Disponible en:  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17491484/>
- 54 Tarnow DP, Chu SJ. The Single-Tooth Implant A: Minimally Invasive Approach for Anterior and Posterior Extraction Sockets Huffman L, editor.: Quintessence Publishing Co, Inc; 2020. Disponible en:  
[http://www.quintpub.com/display\\_detail.php3?psku=B7710#.ZDX\\_eXbMI2w](http://www.quintpub.com/display_detail.php3?psku=B7710#.ZDX_eXbMI2w)
- 55 Tan-Chu JHP, Tuminelli FJ, Kurtz KS, Tarnow DP. Analysis of Buccolingual Dimensional Changes of the Extraction Socket Using the “Ice Cream Cone” Flapless Grafting Technique. Official Journal of The Academy of Osseointegration. Junio 2014; 34(3): p. 399-403. Disponible en:  
[http://www.quintpub.com/journals/prd/abstract.php?iss2\\_id=1230&article\\_id=14410&article=14&title=Analysis%20of%20Buccolingual%20Dimensional%20Changes%20of%20the%20Extraction%20Socket%20Using%20the%20%93Ice%20Cream%20Cone%94%20Flapless%20Grafting%20Technique#.ZDYAR3bMI2x](http://www.quintpub.com/journals/prd/abstract.php?iss2_id=1230&article_id=14410&article=14&title=Analysis%20of%20Buccolingual%20Dimensional%20Changes%20of%20the%20Extraction%20Socket%20Using%20the%20%93Ice%20Cream%20Cone%94%20Flapless%20Grafting%20Technique#.ZDYAR3bMI2x)
- 56 Martinelli F, Beleño A, Holanda, Tirre de Souza. Collagen membrane and distraction osteogenesis for correcting alveolar bone defects: An animal pilot study. Journal of the World Federation of Orthodontists. 2022. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35688699/>
- 57 Uckan , Senol , Ogut E, Muftuoglu. Horizontal alveolar transport distraction osteogenesis followed by implant placement. International Association of Oral and Maxillofacial Surgeons. 2018; 48: p. 824-829. Disponible en: [https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0901-5027\(18\)30439-9](https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0901-5027(18)30439-9)

- 58 Group KM. Distracción osteogénica para mandíbula – KLS Martin. [Internet].; 2023 [citado 25 Febrero 2023]. Disponible en: <https://varlix.com.mx/producto/distraccion-osteogenica-para-mandibula-cls-martin/>.
- 59 Esenlik E, DeMitchell-Rodriguez, EM. Alveolar Distraction. Clin Plastic Surg. 2021; 48(3): p. 419–429. Disponible en: [https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0094-1298\(21\)00024-9](https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0094-1298(21)00024-9)
- 60 Lalo J, Adouani , Bouraoui , Zaitri , Teillaud. Maxillary alveolar bone ridge width augmentation using the frame-shaped corticotomy expansion technique. Stomatol Oral Maxillofac Surg. Abril 2020; 121(2): p. 163-171. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2468785519302149?via%3Dihub>
- 61 Alevizakos V, Mitov , Schiller M, von See. Ridge augmentation—The new field of computerized guided surgery: A technical note for minimal-invasive bone splitting. Clin Case Rep. 31 Enero 2021; 9: p. 2390–2396. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ccr3.4046>
- 62 Gómez Thomas D, García Núñez JC, Nieves Rodríguez. Expansión de cresta maxilar y regeneración ósea guiada para la colocación de implantes. Reporte de caso. Revista Mexicana de Periodontología. 28 Abril 2017; 8(1): p. 11-15. Diponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/periodontologia/mp-2017/mp171c.pdf>
- 63 Scarano A, Paittelli A, Murmura G, Lezzi G, Assenza B, Mancino C. Delayed Expansion of the Atrophic Mandible by Ultrasonic Surgery: A Clinical and Histologic Case Series. Int. J. Oral Maxillofac Implants. 30 Enero 2015; 30(1). Disponible en: [http://quintpub.com/journals/omi/abstract.php?iss2\\_id=1276&article\\_id=15012&article=17&title=Delayed%20Expansion%20of%20the%20Atrophic%20Mandible%20by%20Ultrasonic%20Surgery:%20A%20Clinical%20and%20Histologic%20Case%20Series#.ZDYBc3bMI2x](http://quintpub.com/journals/omi/abstract.php?iss2_id=1276&article_id=15012&article=17&title=Delayed%20Expansion%20of%20the%20Atrophic%20Mandible%20by%20Ultrasonic%20Surgery:%20A%20Clinical%20and%20Histologic%20Case%20Series#.ZDYBc3bMI2x)

- 64 Louis PJ, Sittitavornwong. Managing Bone Grafts for the Mandible. Oral Maxillofac Surg Clin North Am. Mayo 2019; 31(2): p. 317-330. Disponible en:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1042369918301080?via%3Dihub>
- 65 Marzadori M, Stefanini M, Mazzotti C, Ganz S, Sharma P, Zucchelli G. Soft-tissue augmentation procedures in edentulous esthetic areas. PERIODONTOLOGY 2000. 2018; 77(1): p. 111–122. Disponible en:  
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/prd.12210>
- 66 El Hadidy MS, Mounir , Abou-Elfetouh , Barakat. Assessment of vertical ridge augmentation and labial prominence using buccal versus palatal approaches for maxillary segmental sandwich osteotomy (inlay technique): A randomized clinical trial. Clin Implant Dent Relat Res. 2018; 20(5): p. 722-728. Disponible en:  
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/cid.12653>
- 67 Verdugo, D'Addona A, Pontón. Clinical, Tomographic, and Histological Assessment of Periosteal Guided Bone Regeneration with Cortical Perforations in Advanced Human Critical Size Defects. Clinical Oral Implants Research. Marzo 2012; 14(1): p. 112-120. Disponible en:  
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1708-8208.2009.00235.x>
- 68 R. A, R. Koduganti R, Lakshmi Harika TS, Rajaram. Ridge Augmentation Is a Prerequisite for Successful Implant Placement: A Literature Review. Cureus. 02 Enero 2022; 1. Disponible en:  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8805661/>
- 69 Elizalde Mota , Hernández Romero , Rocha Rocha , Mayoral García. Cambios Dimensionales en Técnicas de Preservación Alveolar Barteo y Bio-Col con Xenoinjerto Inteross®. Int. J. Odontostomat. 2021; 15(2): p. 370-376. Disponible en: <https://www.scielo.cl/pdf/ijodontos/v15n2/0718-381X-ijodontos-15-02-370.pdf>

- 70 Valvanera. Odontología Digital Especializada. [Internet].; 2021 [citado 20 Marzo 2023]. Disponible en: <https://clinicadentalvalvanera.com/2022/04/28/que-es-un-injerto-de-hueso-maxilar/>.
- 71 G. Sclar. Strategies for Management of Single Tooth Extraction Sites in Aesthetic. J Oral Maxillofac Surg. 2004; 62: p. 90-105. Disponible en: [https://www.joms.org/article/S0278-2391\(04\)00880-8/fulltext](https://www.joms.org/article/S0278-2391(04)00880-8/fulltext)
- 72 Xiao H, Wang , Zhang , Chen , Chen H, Li S, et al. Periosteum progenitors could stimulate bone regeneration in aged murine bone defect model. Journal of Cellular and Molecular Medicine. 2020; 24: p. 12199–12210. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jcmm.15891>
- 73 Verdugo F, Simonian, Nowzari. Periodontal biotype influence on the volume maintenance of onlay grafts. Journal of Periodontology. Mayo 2009; 80(5): p. 816-823. Disponible en: <https://aap.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1902/jop.2009.080572>
- 74 Yang JW, Park HJ, Yoo KH, Chung , Jung , Oh HK. A comparison study between periosteum and resorbable collagen membrane on iliac block bone graft resorption in the rabbit calvarium. HEAD & FACE MEDICINE. 2014; 10(15). Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4024311/>
- 75 Deng C, Yi Z, Xiong C, Man Y, Qu Y. Using the intact periosteum for horizontal bone augmentation of peri-implant defects: a retrospective cohort study. British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery. Septiembre 2022; 60(10): p. 1325-1331. Disponible en: [https://www.bjoms.com/article/S0266-4356\(22\)00277-7/fulltext](https://www.bjoms.com/article/S0266-4356(22)00277-7/fulltext)
- 76 García Martí CD, Pérez Padrón A, Pérez Quiñones JA, Bello Fuentes R, Pérez Padrón A. Utilización de biomateriales e injertos óseos autólogos en pacientes con atrofia alveolar. Revista Médica Electrónica. Marzo 2020; 42(2). [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1684-18242020000502366](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1684-18242020000502366)

- 77 Flores Rentería, Ortiz Domínguez M, Cruz Avilés A, López Sánchez F. La mecánica del hueso. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Disponible en: <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/sahagun/article/view/2902>
- 78 Garcia D. Técnicas quirúrgicas y tipos de injerto de hueso: regeneración ósea. Puig & Baldrich Centre Dental. Enero 2021. Disponible en: <https://puigbaldrich.com/tecnicas-tipos-injerto-hueso-regeneracion-osea/>

## ÍNDICE DE FIGURAS

- Fig. 1 Anatomía del hueso (3).
- Fig. 2 Esquema de las partes y células que conforman el hueso (5).
- Fig. 3 Esquema del hueso compacto (6).
- Fig. 4. Esquema del hueso esponjoso y hueso compacto (7).
- Fig. 5 Esquema del mecanismo de reparación ósea (12).
- Fig. 6 Tipos de injertos óseos y sus diferentes componentes (14).
- Fig. 7 Esquema de la Osteogénesis (17).
- Fig. 8 Esquema de la Osteoinducción (17).
- Fig. 9 Esquema de Osteoconducción .
- Fig. 10 a) Sitio donador cresta iliaca b) Colocación del autoinjerto óseo en bloque y sujetado con tornillos de titanio en la zona maxilar (21).
- Fig. 11 Hidratación con suero fisiológico a un aloinjerto (13)
- Fig. 12 Xenoinjerto hidratado con suero fisiológico (13).
- Fig. 13 Xenoinjerto de origen bovino. InterOss® (22).
- Fig. 14 Partículas de Fosfato B-Tricálcico (23).
- Fig. 15. Exposición de membrana no absorbible (Cytoplast®) a los 6 meses postquirúrgico sin contaminación (24).
- Fig. 16 Recubrimiento del defecto óseo con membrana (25).

- Fig. 17 Fijación de la membrana usando la técnica de sutura (26).
- Fig. 18 Tabla Clasificación de ventajas y desventajas de las membranas en la ROG de acuerdo al tipo de biomaterial que están conformadas (28).
- Fig. 19 Membrana sintética y reabsorbible hecha de ácido poliláctico (29).
- Fig. 20 Membrana de colágeno tipo III en una ROG (29).
- Fig. 21 Colocación de membrana de politetrafluoretileno. Membrana sintética no absorbible (29).
- Fig. 22 Defecto óseo en la zona anterior de la arcada superior (32).
- Fig. 23 Esquema de la actividad de las hormonas calcitonina (secretada por la tiroides) y de la parathormona (secretada por la paratiroides) (35).
- Fig. 24 Clasificación de Lekholm y Zarb. Con sus respectivas imágenes de tomografía computarizada (36).
- Fig. 25 Clasificación de Seibert. Dimensión y relación anchura/altura del defecto óseo (39).
- Fig. 26 Regeneración ósea guiada en un defecto óseo horizontal (41).
- Fig. 27 a. Defecto vertical de una pared b. Defecto vertical de dos paredes. c. Defecto vertical de tres paredes (42).
- Fig. 28 Proceso de remodelación ósea (44).
- Fig. 29 Vista histológica del remodelado óseo con la formación de osteoblastos y resorción de los osteoclastos (2).
- Fig. 30 Tabla de los factores de crecimiento y citocinas que influyen en la regeneración ósea (34).
- Fig. 31 Esquema a nivel celular y molecular durante la regeneración ósea guiada. El defecto óseo inducido experimentalmente se cubre con una membrana de colágeno (28).
- Fig. 32 Cicatrización del hueso alveolar durante los 14 días iniciales en un modelo animal (2).
- Fig. 33 Fijación de una malla de titanio en una ROG en la zona de molares inferiores (47).
- Fig. 34 Fijación de una membrana no absorbible (PTEF) con refuerzo de titanio (50).

Fig. 35 a) Se rellena el alveolo después de la colocación de la membrana pegada a la pared vestibular de dicho alveolo. b) Se colocan puntos, de sutura reabsorbible en la membrana y en la mucosa adyacente (54).

Fig. 36 Esquema de la técnica de distracción ósea en la zona mandibular con tracción apico-coronal (58).

Fig. 37 Esquema de la expansión cortical convencional, movimiento en bisagra en la zona cortical a nivel apical. Posición del implante (P) y el eje (A) (60).

Fig. 38 a) Sitio receptor para aumento de reborde tipo inlay (forma de "sándwich"). b) Fijación del bloque de hueso con tornillos de titanio en la zona anterior del maxilar (sitio receptor) (66).

Fig. 39 a) y b) Sitios donadores (zona posterior de la mandíbula) del injerto en bloque tipo onlay. c) Sitio receptor (zona anterior de la mandíbula) con los dos bloques de hueso autógeno (64).

Fig. 40 Técnica Bio-Col (70).

Fig. 42 Esquema del principio de la regeneración ósea guiada (ROG) (28)