



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

USO DE NANO-SULFATO DE CALCIO EN LA
PRESERVACIÓN DEL REBORDE ALVEOLAR POST-
EXTRACCIÓN DENTAL.

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:

DANIEL BERNAL BAÑUELOS

TUTOR: Dr. ALEJANDRO LUIS VEGA JIMENEZ

VoBo

MÉXICO, Cd. Mx.

2022



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

Quiero agradecer a mi familia por ayudarme a lograr mis objetivos y ayudarme en mis metas, se que muchas veces he fallado pero me he levantado ante la adversidad gracias a ustedes, no soy capaz de seguir avanzando si no tengo un motor que me impulse y ese motor son ustedes, se que el futuro es incierto y muy rápido por eso disfruto cada momento que me acompañan, gracias por todo.

Quiero agradecer a mi tutor el Dr. Alejandro Luis Vega Jiménez por ayudarme a elaborar este proyecto tan incierto y desconocido para mí, y guiarme para presentar un trabajo del cual me pueda sentir orgulloso en el futuro, gracias por la paciencia y su ayuda.

Por último quiero agradecer a Daniel del presente, hemos corrido contra el viento, nadado contra corriente, cuántas veces no han querido dejarnos atrás y simplemente no pueden, tal vez sea lo más egoísta pensar en nosotros, pero en los momentos más difíciles siempre seremos nosotros los que enfrentaremos la adversidad y disfrutaremos nuestros logros, gracias por todo el esfuerzo, las desveladas, los regaños, los momentos difíciles, gracias a ti soy todo lo que soy hasta este momento, recalco que el futuro es incierto, pero recuerda lo que quedó en el pasado, disfruta lo que vives en tu presente y añora lo que está por venir.

Gracias a la Facultad de Odontología y a la UNAM

Este trabajo es parte del financiamiento otorgado por UNAM-DGAPA-PAPIIT- IA104823

Lo imposible solo me costó un poco más...

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	CONTENIDO	4
1.	Biomateriales de uso odontológico	4
-	Definición	4
-	Clasificación	5
2.	Sulfato de calcio	7
-	Generalidades	7
-	Usos y aplicaciones	8
3.	Regeneración ósea en el área dental	10
-	Estructura ósea	10
-	Extracción dental	14
-	Remodelación y regeneración	18
-	Cicatrización	22
-	Tipos de Injerto Óseo	27
4.	Nanotecnología en el área dental	30
-	Materiales nanoestructurados en reparación ósea	30
-	Nanopartículas de Sulfato de calcio para la preservación alveolar	32
III.	CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS	39
IV.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40

I. INTRODUCCIÓN

La extracción dental es un procedimiento odontológico quirúrgico que consiste en la remoción total de la pieza dental de su alvéolo, las causas pueden ser por enfermedad periodontal, un mal tratamiento de conductos o alguna enfermedad que propicie a una infección y comprometa tejidos adyacentes.

Parte del protocolo post-extracción es el uso de una gasa o torunda de algodón para la preservación del coágulo en el alveolo, que después de un tiempo aproximado de 4-6 meses da lugar a un proceso fisiológico de reabsorción ósea vertical y horizontal por la falta de estabilidad de la lámina dura del hueso alveolar, provocando el colapso del mismo en un proceso de reabsorción.

Un problema de lo anterior es que muchas veces no se le da esta información al paciente antes de la extracción y las consecuencias de no llevar a cabo un proceso regenerativo como pueden ser el colapso del reborde alveolar, posteriores daños oclusales, problemas de estabilidad en la estructura maxilar o mandibular, así como la atrofia de la musculatura adyacente a la zona.

Varios autores han resaltado la importancia de un regenerador óseo post-extracción dando lugar a un protocolo de prevención para evitar el colapso del alveolo y preservarlo para futuros tratamientos como la colocación de una prótesis de carga inmediata, una prótesis parcial fija o removible, o la colocación de un implante dental, brindando muchas características positivas en el servicio y atención odontológica.

Los procedimientos de regeneración ósea no son accesibles en muchas ocasiones, debido al alto costo de los materiales de regeneración, por lo que en ocasiones post-extracción se remite al paciente con un hemostática físico ya sea con una gasa o algodón sosteniendo el coágulo

en la zona alveolar, pero provocan inestabilidad en las paredes alveolares y derivan en un problema de reabsorción ósea después de unos cuantos meses, con esto la rehabilitación después de unos meses podría ser complicada y conllevaría a más cirugías, comprometiendo la salud del paciente, la funcionalidad, la estabilidad estructural y la estética.

El protocolo de regeneración ósea permite evitar este problema por lo que una opción sería la aplicación de un material de costo accesible y seguro con un alto grado de pureza. El sulfato de calcio es uno de los productos cotidianos en la vida, que se pueden encontrar en muchas de las construcciones de viviendas y es conocido como yeso convencional. Este producto se utiliza en odontología para la obtención de una impresión fiel para hacer trabajos indirectos en el paciente y poder trasladarlo a la arcada dental y en los últimos años se ha investigado su uso como sustituto óseo en procedimientos regenerativos.

Partiendo de lo anterior la nanotecnología busca manipular materiales a nanoescala para potencializar su uso en el área médica y en este sentido el sulfato de calcio en escala nanométrica podría tener un uso prometedor en procedimientos regenerativos óseos en el área dental..

Con la investigación, se intenta concientizar el uso de un regenerador óseo post-extracción como procedimiento indispensable en el momento de una extracción de una o más piezas dentarias con la finalidad de brindar todo el soporte anteriormente mencionado, a través, de un material de bajo costo y fácil obtención como lo es el nano-sulfato de calcio.

Por lo tanto el propósito de este trabajo es describir el uso del nano-sulfato de calcio para la preservación del reborde alveolar post-extracción mediante una revisión bibliográfica

Se realizó una revisión bibliográfica sobre nano-sulfato de calcio y su función para la preservación del reborde alveolar después de una extracción dental.

Los criterios de inclusión en la búsqueda fueron artículos científicos y libros de 1 a 10 años de antigüedad, desde su fecha de publicación hasta el día que se escribió esta recopilación, relacionados con estudios sobre las propiedades fisicoquímicas y biológicas del Sulfato de Calcio en presentación nanoparticulado para la colocación en un alveolo post extracción para una preservación del reborde alveolar. Se excluyeron el resto de los artículos que no contuvieran una relación directa con el Sulfato de Calcio para uso médico odontológico o información que no completara las necesidades de explicadas en el presente trabajo

Esta revisión se realizó a través de los buscadores de información y plataformas: Google Académico, Scielo, MEDLINE, Science Direct, Redalyc, Pubmed y Tesis Unam. Los descriptores empleados fueron (palabras clave) "Calcium Sulphate", "Dentistry", "Biomaterials", "Ridge Preservation", "Socket preservation", la combinación entre ellos y sus equivalentes en español. Predominó el idioma inglés en los artículos revisados; y se analizaron en español. El resultado de la búsqueda arrojó un aproximado de 60 artículos que fueron filtrados por el autor con el propósito de conservar sólo los que trataron las temáticas específicas incluidas en los criterios de investigación.

II. CONTENIDO

1. BIOMATERIALES DE USO ODONTOLÓGICO

- *Definición*

Macchi et al. en 2007 define un material dental como la materia o las materias empleadas para ejercer una profesión relativa a los dientes, por lo tanto, para ejercer la odontología. (1)

La definición de Macchi et al. define un biomaterial como material utilizado en relación con un medio biológico o en una profesión vinculada con las ciencias de la salud. Sin embargo, algunas denominaciones reservan el término “biomaterial” para hacer referencia al que interactúa con un tejido biológico.(1)

Un biomaterial es una sustancia que se ha diseñado para adoptar una forma que, sola o como parte de un sistema complejo, se utilizará para dirigir, mediante el control de las interacciones con los componentes de los sistemas vivos, el curso de cualquier procedimiento terapéutico o de diagnóstico.(2)

El objetivo principal de la odontología es mantener o mejorar la calidad de vida del paciente, previniendo enfermedades, aliviando el dolor, mejorando la eficacia masticatoria, la dicción o la apariencia, por esta razón durante siglos el principal desafío ha sido desarrollar y seleccionar materiales protésicos biocompatibles, de larga duración, y que soporten las condiciones adversas de la cavidad oral. (1)

Para describir las características ideales de un biomaterial, Phillips describe que un biomaterial ideal debería ser, biocompatible, que se adhiera a la estructura dentaria y/o al hueso de manera permanente,

tenga un aspecto natural a la estructura dentaria y de otros tejidos visibles, tenga propiedades similares a las del esmalte, dentina y/u otros tejidos dentales y que pueda restaurar los tejidos o regenerar aquellos que falten o que estén dañados. (1)

- **Clasificación**

Dependiendo del autor, los materiales dentales de uso odontológico pueden clasificarse de diferentes maneras: puede ser por su uso o por su composición.

Barceló y col; los clasifica por su uso en:

- Materiales para la restauración dentaria, en los que engloba al Hidróxido de calcio, Cementos dentales como el óxido de Zinc y eugenol, cemento de fosfato de zinc, cemento de carboxilato de zinc y cemento de ionómero de vidrio, resinas compuestas y amalgama dental. (3)
- Materiales para impresión: yesos dentales, hidrocoloides como el agar y los alginatos, modelina dental, compuesto cinquelónico, elastómeros no acuosos y ceras. (3)
- Materiales protésicos, como el yeso dental, resina acrílica, abrasivos dentales y porcelana dental. (3)

Para temas de regeneración ósea, existe una clasificación dependiendo el origen del biomaterial regenerador o por material biológico o no biológico

Martínez y col; los clasifican por su origen o composición en:

- Hueso autólogo: es decir que proviene del mismo paciente. (4)
- Aloinjertos: que proviene de la misma especie. (4)

- Xenoinjerto: Es un sustituto óseo procedente de una especie diferente al receptor, puede ser animal o mineral. (4)
- Aloplásticos: son sustitutos óseos de naturaleza inerte (no orgánico), sintéticos y osteoconductores. (4)

Fernández y col; los clasifican en biológicos y no biológicos:

- Materiales biológicos: hueso autógeno, homólogo, proteínas morfogénicas óseas (BMP), heterólogo, colágeno y plasma del paciente enriquecido con factores de crecimiento y plaquetas (5)
- Materiales no biológicos / sintéticos; metálicos, cerámicos, cristales bioactivos o biovidrios o polímeros. (5)

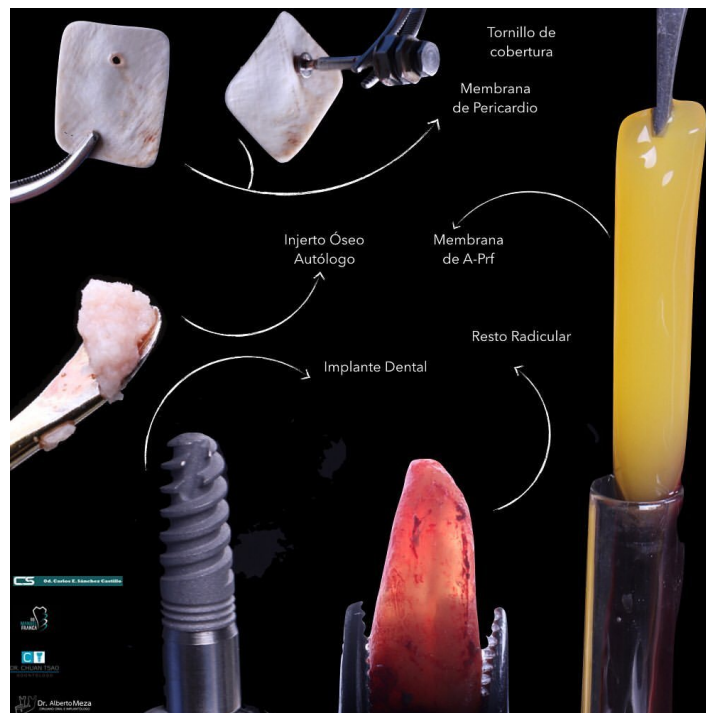


Figura 1. Presentaciones de los diferentes materiales para Regeneración Tisular Guiada, Regeneración Ósea Guiada y un implante. (23)

2. SULFATO DE CALCIO

- *Generalidades*

El sulfato de calcio se remonta a momentos históricos en los periodos ancestrales egipcios, se ocupaba para cubrir los vendajes que envolvían a las momias. (6) El yeso es un material que se emplea en construcción, escultura y en muchos procesos odontológicos. (3)

Este mineral a base de sulfato de calcio se obtiene de minas o reservas naturales en forma de alabastro; este es un mármol traslúcido o piedra caliza que por encontrarse expuesto al ambiente por acción del agua de las lluvias se ha hidratado (sulfato de calcio hidratado). Los bloques de yeso previa trituración y molido, son calentados para eliminar el agua y formar un sulfato de calcio hemihidratado; una vez puestos en sacos de papel o plástico se ofrecen en el mercado de la construcción y para otros usos, uno de estos es en el campo odontológico. (3)



Figura 2. Presentación pura caliza del Sulfato de Calcio antes de empezar su procesamiento para uso odontológico. (24)

La Asociación Dental Americana autoriza los productos aprobados o que hayan cumplido con indicaciones y valores óptimos para su uso en odontología. La norma correspondiente para los yesos dentales comprendida por la ADA (Asociación Dental Americana) es la número 25. (3).

Con base en la NOM 25 de la ADA el fabricante deberá informar las siguientes características del producto:

1. El tipo de yeso que se oferta
2. La relación agua y polvo (en mililitros y gramos)
3. La técnica de mezclado incluyendo el tiempo de espatulado, a mano o con mezcla mecánica
4. El tiempo de endurecimiento o fraguado
5. La expansión del fraguado
6. Algún método especial de trabajo recomendado por el fabricante
7. El número de lote y la fecha de fabricación, para poder hacer alguna aclaración o reclamo con estas referencias
8. El peso neto del producto en gramos
9. Las condiciones de almacenamiento (3)

Usos y aplicaciones:

Con base en la norma oficial 25 de la ADA, los yesos dentales se clasifican en 5 tipos y cada uno está adaptado para usos diferentes:

- Tipo I: Fue el primer tipo de yeso que se usó en el campo odontológico con la finalidad de obtener una impresión negativa de la arcada dental. Actualmente su uso es solo para obtener relaciones interoclusales o impresiones limpias en prostodoncia total (actualmente en desuso)(3)

- Tipo II: este tipo de yeso se ocupa para montaje de modelos en los articuladores y otros procesos de laboratorio.(3)
- Tipo III: este tipo de yeso se ocupa para modelos de estudio y en algunos casos modelos de trabajo en ortodoncia, prótesis removibles, prostodoncia total y otros procesos de laboratorio.(3) *Figura 3.*
- Tipo IV: es el más ocupado en la odontología por su alta resistencia, gran dureza y una baja expansión de fraguado, su uso común es para el corrido de una impresión dental debido a su alta fidelidad (3) y es uno de los tipos de yeso de manera hemihidratada y nanopartícula que es capaz de ser utilizada con el propósito para la regeneración ósea.

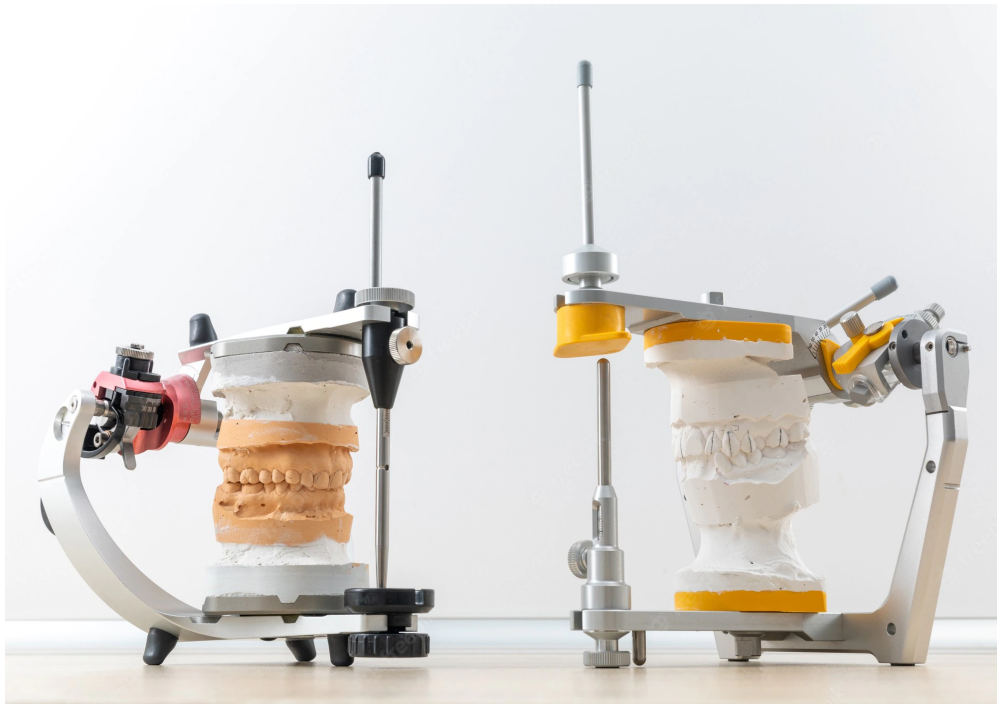


Figura 3. Montaje de modelos en el articulador usando Yeso Tipo III para el montaje y Yeso tipo IV para los modelos de yeso. (25)

3. REGENERACIÓN ÓSEA EN EL ÁREA DENTAL

- *Estructura ósea*

Tejido Óseo

El hueso o tejido óseo está constituido por 15% de agua, 30% de fibras colágenas y 55% de sales minerales cristalizadas. El mineral más abundante es el fosfato de calcio que se combina con hidróxido de calcio para formar cristales de hidroxiapatita $[Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2]$. (7)

El tejido óseo presenta cuatro tipos de células: osteogénicas, osteoblastos, osteocitos y osteoclastos.

1. Células osteogénicas: las Stem cells o células madre no especializadas son las únicas células óseas que experimentan división celular, las células hijas se diferencian en osteoblastos. Estas células osteogénicas se encuentran a lo largo del endostio, en la porción interna del periostio y en los conductos intraóseos que contienen vasos sanguíneos. (7)
2. Osteoblastos: son células formadoras de hueso que sintetizan y secretan fibras de colágeno y otros componentes orgánicos necesarios para construir matriz osteoide. A medida que los osteoblastos se rodean a sí mismos de matriz osteoide, van quedando atrapados en sus secreciones y se convierten en osteocitos. (7)
3. Osteocitos: estas células óseas maduras son las células principales del hueso y mantienen su metabolismo regular a través del intercambio de nutrientes y productos metabólicos con la sangre. Estos no experimentan división celular. (7)

4. Osteoclastos: son células gigantes derivadas de la fusión de por lo menos 50 monocitos que se agrupan en el endostio. En la cara proximal a la superficie ósea, la membrana plasmática del osteoclasto se pliega profundamente y forma un borde indentado, la célula libera enzimas lisosómicas y ácidos que digieren los componentes minerales y proteicos de la matriz osteoide subyacente. Esta resorción es parte de la formación, el mantenimiento y la reparación normales de hueso. (7)

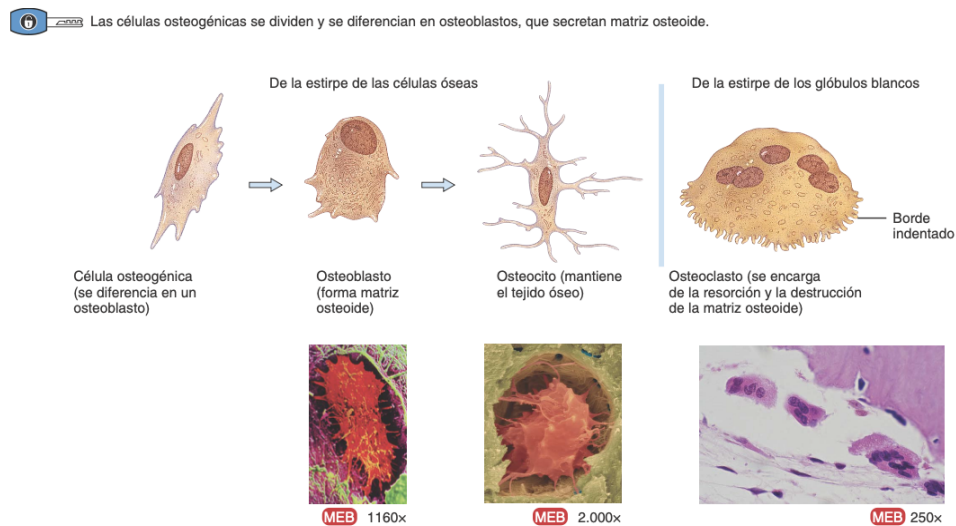


Figura 4. Imagen que explica el proceso de diferenciación celular de una célula osteogénica para diferenciarse en un osteoblasto y establecerse como un osteocito. Una representación esquemática de un osteoclasto y un corte histológico donde se puede apreciar 3 osteoclastos. (26)

El hueso contiene espacios entre células y los componentes de la matriz osteoide. Estos espacios sirven para la conducción de vasos sanguíneos con la intención de brindar nutrientes a las células óseas. Con relación al tamaño y la distribución de los espacios, las regiones de un hueso pueden clasificarse como esponjosas o compactas. Aproximadamente el 80% del esqueleto está formado por hueso compacto y 20 % por hueso esponjoso. (7)

Macroestructura

Tejido óseo compacto

El tejido óseo compacto o cortical, contiene pocos espacios y es el componente más fuerte del tejido óseo, se encuentra debajo del periostio, brinda protección, soporte y ofrece resistencia a la tensión causada por el peso y el movimiento. (7)

El tejido óseo compacto se compone de osteonas o sistemas de Havers, son unidades estructurales repetidas las cuales poseen un Conducto (de Havers) el cual está rodeado de laminillas concéntricas compuestas por matriz osteoide mineralizada de diámetro creciente, se encuentra rodeado de una red de vasos sanguíneos, linfáticos y nervios localizados en el canal central. Entre las laminillas concéntricas se encuentran las lagunas, que contienen osteocitos, estas lagunas irradian pequeños canalículos que contienen líquido extracelular. (7)

El tejido óseo compacto tiende a ser más grueso en las regiones donde la fuerza se aplica relativamente en pocas direcciones.(7)

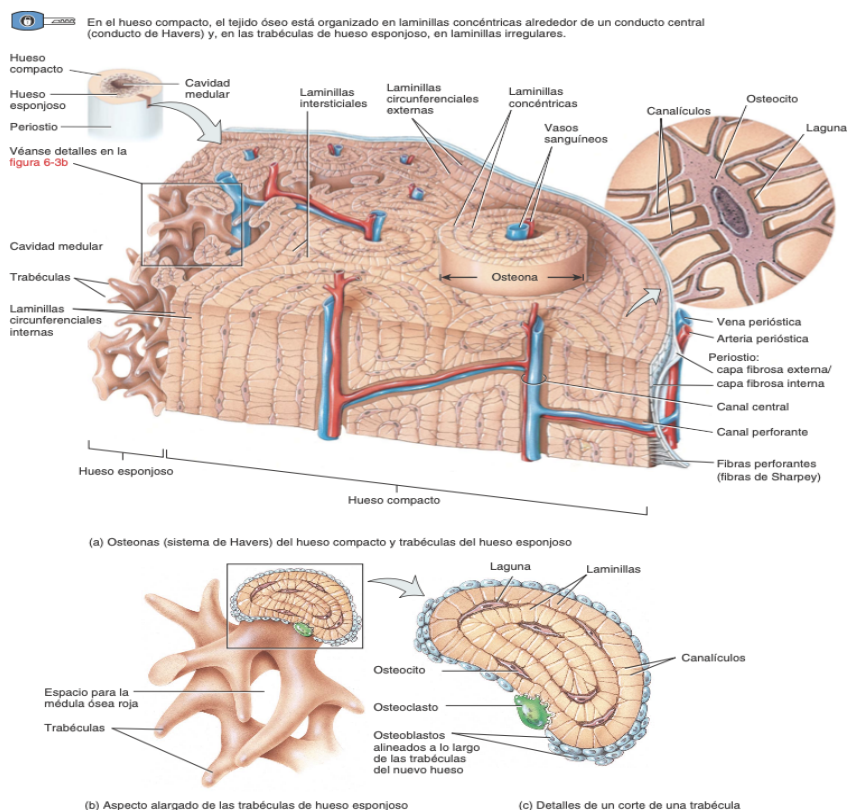


Figura 5. Histología del hueso compacto y del hueso esponjoso. (a) Cortes transversales de la diáfisis de un hueso largo: periostio a la derecha, hueso compacto en el medio, y hueso medular y cavidad medular a la izquierda. El sector ampliado de la esquina superior derecha muestra un osteocito en una laguna (b,c). Detalles del hueso esponjoso. (27)

Tejido óseo esponjoso

El tejido óseo esponjoso o trabecular, no contiene osteonas, es profundo y está protegido por una cubierta de hueso compacto. Este tejido óseo esponjoso está compuesto por laminillas dispuestas en un patrón irregular de finas columnas denominadas trabéculas que poseen espacios macroscópicos. El hueso esponjoso es el componente profundo principal del tejido óseo de los huesos cortos, aplanados, sesamoideos e irregulares. (7)

Las trabéculas del hueso esponjoso tienen una orientación precisa a lo largo de las líneas de fuerza, esta característica le permite al hueso resistir y transmitir fuerzas sin romperse. A diferencia del hueso compacto, el hueso esponjoso es liviano y le permite moverse rápidamente al ser traccionado por un músculo esquelético. (7)

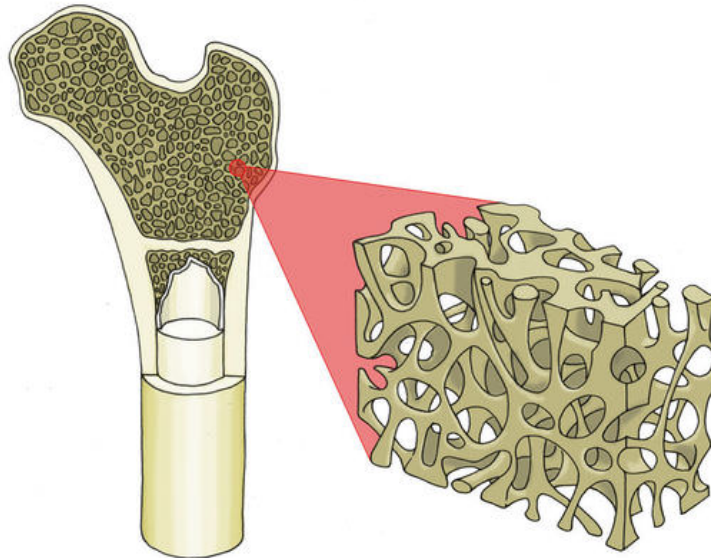


Figura 6. Representación histológica de una vista a detalle del hueso trabecular o esponjoso de un hueso largo. (28)

- **Extracción dental**

Uno de los procedimientos más desafortunados en la práctica odontológica es la extracción dental o también llamada exodoncia, este procedimiento desde tiempos pasados ha sido un procedimiento muy temido y traumático para los pacientes, esta es considerada por los odontólogos un intervención menor y carente de importancia, la cual puede dar indicios a la aparición de complicaciones graves. (8)

La exodoncia es una maniobra cuya finalidad es separar la pieza dentaria de los elementos periodontales, desgarrando el periodonto en su totalidad. La correcta evaluación preoperatoria nos marcará las

dificultades que puedan hallarse o las complicaciones que pueden ocurrir y es la base del éxito en una técnica de extracción dentaria. (8)

Para una exodoncia ideal deben considerarse los siguientes parámetros

1. Historia clínica: es preciso que la anamnesis sea amplia y exhaustiva, debemos profundizar y analizar cualquier detalle con la finalidad de detectar antecedentes o procesos patológicos sistémicos graves que puedan alterar el curso de la exodoncia o incluso llegar a contraindicarla. (8)
2. Exploración de la cavidad bucal: en este paso debemos efectuar un estudio local y regional de los dientes, periodonto y el resto de las estructuras bucales, analizando especialmente los motivos de la exodoncia. (8)
3. Estudios complementarios o de gabinete: dependiendo de los hallazgos obtenidos con la exploración local, regional y general y de los datos de la anamnesis, indicaremos los estudios complementarios adecuados al caso (análisis sanguíneo, pruebas de alergias). Debería ser obligatorio para todos los casos realizar un estudio radiográfico que conste de una ortopantomografía y de una radiografía intrabucal que visualice adecuadamente la zona periapical. esto con la finalidad de poder distinguir puntos anatómicos, estructuras anatómicas vecinas como nervios, arterias y venas, verificar el estado del diente a extraer, el estado periodontal de la pieza dental y el estado del hueso. (8)

Técnica de extracción dental

Con base a un buen estudio preoperatorio del paciente, que incluya todo lo referido anteriormente un procedimiento de exodoncia deberá ser realizado de la siguiente manera:

1. Antisepsia del campo operatorio: esto con la finalidad de mejorar las condiciones y evitar complicaciones postextracción, esta se debe efectuar previamente a la intervención quirúrgica. (8)
2. Posición correcta del paciente y del operador. (8)
3. Anestesia de la zona a realizar la exodoncia: la anestesia normalmente se efectúa bajo anestesia locorregional, la técnica que se suele usar es la infiltración local de forma periapical en todos los dientes del maxilar superior y en los dientes anteriores de la mandíbula, y para los molares y premolares inferiores debe ser anestesiado con la técnica troncal. (8)
4. Sindesmotomía: esta maniobra tiene como fin romper y desprender el diente de sus inserciones gingivales, esta acción se puede realizar con bisturí, un periostótomo o un elevador. El sindesmotomo es un instrumento que rompe los ligamentos del dientes a la encía adherida y a su alvéolo, con este instrumento no debe intentarse luxar el diente por el peligro de fracturar el diente. (8)
5. Luxación: se ejecuta con el botador o elevador, se introduce la punta progresivamente en el alvéolo por las caras vestibular y mesial con ligeros movimientos en dirección vestíbulo lingual-palatino. Debe evitarse ejercer con fuerza desmesurada y movimientos de palanca o supinación ya que en esta fase el objetivo no es la avulsión. (8)
6. Prensión: Debe realizarse con el fórceps indicado para cada diente, la forma del fórceps debe permitir la correcta adaptación al cuello dentario y de esta manera, poder asir fuertemente el diente. (8)

7. Tracción: Debe de realizarse con el fórceps correspondiente, controlando la fuerza, con movimientos rítmicos y constantes, sin incrementar el ritmo y sin perder la presa. No deben realizarse movimientos apico-coronales. (8)
8. Avulsión: Esta se consigue cuando la cortical más delgada (generalmente la externa) cede, en ese momento puede ejercerse la fuerza extrusiva de tracción del diente. (8)
9. Limpieza del alveolo: una vez extraída la pieza dentaria debemos reconstruir y observar el diente para asegurarnos que se ha efectuado la exodoncia completa. Si queda la incerteza se puede realizar una radiografía postoperatoria para comprobarlo.
 - Se revisa el alveolo y se legran las paredes especialmente en la zona apical, con la finalidad de verificar que no exista un granuloma o restos de tejido patológico. Se revisan las paredes alveolares para comprobar que no exista una fractura cortical, en caso de existir una espícula, esquirirla o fragmento suelto, debe eliminarse con la pinza gubia, y si las corticales están luxadas pero adheridas al periostio, los afrontamos mediante compresión digitales.
 - Los fragmentos del septo óseo interradicular deben ser eliminados con la cureta o cucharilla, o incluso en ocasiones con la ayuda de la gubia, con la finalidad de evitar una alveolitis seca.
 - Constatar de que existe un sangrado fisiológico para que se produzca la formación de un coágulo normal.
 - Suturar las partes blandas (encía adherida) sobre el alveolo. Con una sutura atraumática de seda o ácido poliglicólico de 3/0; colocamos un punto en "X", "U", o dos o más puntos sueltos según la extensión del alvéolo. (8)

Después de finalizar la extracción, la maniobra inicial que debe realizarse es controlar la hemorragia postoperatoria con la colocación de un fragmento pequeño de gasa directamente sobre el alvéolo. La gasa debe estar humedecida para que la sangre exudada no se coagule en ella y no se extraiga el coágulo al quitarla. Se debe mantener mínimo de 2 a 3 horas. (9)

Se le dan indicaciones al paciente de higiene, haciendo hincapié en evitar el consumo de tabaco, nicotina, el uso de pajita, no escupir, y la agitación mecánica del sitio de extracción. (9)

Pasado 5-7 días retirar la sutura, con la finalidad de evitar hipertrofia del tejido gingival. (8)

- Remodelación y regeneración

Uno de los objetivos de la preservación alveolar es mantener las estructuras de soporte dental en condiciones para brindar o recuperar salud, función y estética a los pacientes. Existen varias opciones para dar a los pacientes como alternativa para reemplazar los dientes extraídos: prótesis removible, prótesis dental fija, implantes dentales. Estos procedimientos dan una alternativa a los dientes perdidos, pero no solucionan los cambios fisiológicos y dimensionales que se producen tras la extracción. (10)

El hueso alveolar sufre reabsorción de la cresta residual sin incidentes después de la extracción del diente. La preservación del alvéolo es un procedimiento que se realiza para reducir la reabsorción de la cresta externa después de la extracción, del diente y mejora la formación de hueso dentro del alvéolo. Por lo general, se realiza inmediatamente después de la extracción del diente o se retrasa por un periodo de 6 a 8

semanas debido a algunas razones, como la presencia de infecciones agudas. (11)

Elián y col; propusieron una clasificación simplificada que ayuda a determinar la calidad del hueso después de la extracción en función de la presencia de tejidos blandos y duros tanto en bucal como en palatino. Esta clasificación está simplificada, lo que ayuda a obtener una mejor documentación y tratamiento y decidir si la cirugía de preservación alveolar está indicada o no: (11)

- Alvéolo Tipo I: el tejido blando facial y la placa bucal del hueso están en niveles normales en relación con la unión amelocementaria del diente pre extraído y permanecen intactos después de la extracción dental. (11)
- Alvéolo Tipo II: hay tejido blando facial, pero falta parcialmente la placa bucal después de la extracción del diente. (11)
- Alvéolo Tipo III: el tejido blando facial y la placa bucal del hueso se reducen notablemente después de la extracción del diente. (11)

La capacidad de regeneración está limitada a algunos tejidos, cuando ocurre una agresión a los tejidos da como resultado una alteración, respondiendo el organismo con un proceso de restauración del tejido afectado. (12)

Se entiende como regeneración cuando la restauración del tejido óseo posee propiedades indistinguibles del tejido original. Los nuevos capilares se forman por angiogénesis. El crecimiento de la red capilar está controlado por los factores liberados por los tejidos subyacentes. (12)

El remodelado óseo existe toda la vida, pero sólo hasta la tercera década de la vida el balance es positivo. A nivel microscópico el remodelado óseo se produce en pequeñas áreas de la cortical o de la superficie trabecular,

llamadas unidades básicas multicelulares o BMU (Basic Multicellular Units). La vida media de cada unidad de remodelado en humanos es de 2 a 8 meses y la mayor parte de este período está ocupado por la formación ósea. Existen en el esqueleto humano 35 millones de BMU y cada año se activan de 3 a 4 millones, por lo que el esqueleto se renueva totalmente cada 10 años. (12)

Remodelado

La remodelación describe los acontecimientos dinámicos asociados con la reparación del hueso y la homeostasis en los individuos maduros. Tanto el hueso cortical como el trabecular se remodelan constantemente mediante un ciclo de actividad celular. (12)

Fases del remodelado:

El remodelado óseo puede ser dividido en las siguientes fases:

1. Fase quiescente: se dice el hueso en condiciones de reposo. Los factores que inician el proceso de remodelado aún no son conocidos. (13)
2. Fase de activación: el primer fenómeno que tiene lugar es la activación de la superficie ósea previa a la reabsorción, mediante la retracción de las células limitantes (osteoblastos maduros elongados existentes en la superficie endóstica) y la digestión de la membrana endóstica por la acción de las colagenasas. Al quedar expuesta la superficie mineralizada se produce la atracción de los osteoclastos circulantes procedentes de los vasos próximos. (13)
3. Fase de reabsorción: seguidamente, los osteoclastos comienzan a disolver la matriz mineral y a descomponer la matriz osteoide. Este proceso es acabado por los macrófagos y permite la liberación de los factores de crecimiento contenidos en la matriz, fundamentalmente TGF- β (Factor Transformante de Crecimiento

Beta), PDGF (Factor de Crecimiento Derivado de las plaquetas), IGF-I y II (Factor Análogo a la Insulina I y II). (13)

4. Fase de formación: simultáneamente en las zonas reabsorbidas se produce el fenómeno de agrupamiento de preosteoblastos, atraídos por los factores de crecimiento que se liberaron de la matriz que actúan como quimiotácticos y además estimulan su proliferación. Los preosteoblastos sintetizan una sustancia cementante sobre la que se va a adherir el nuevo tejido y expresan BMPs (Proteínas Morfogenéticas Óseas), responsables de la diferenciación. A los pocos días, los osteoblastos ya diferenciados van a sintetizar la sustancia osteoide que rellenará las zonas honradas. (13)
5. Fase de mineralización: a los 30 días del depósito de osteoide comienza la mineralización, que finalizará a los 130 días en el hueso cortical y a 90 días en el trabecular. (13)

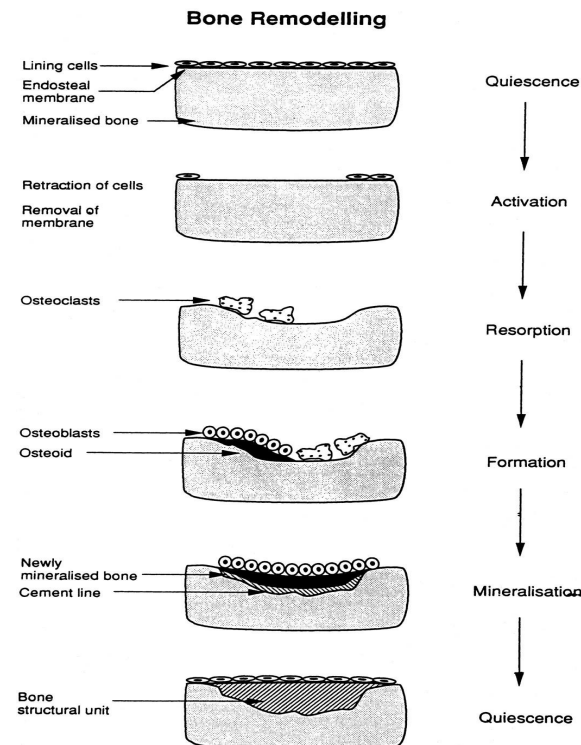


Figura 7. Esquema que representa las fases de la remodelación ósea, pasando de la fase quiescente, fase de activación, fase de reabsorción, fase de formación, y fase de mineralización. (29)

El proceso de remodelación dura entre 6 a 9 meses, de manera tipificada los osteoclastos se sumergen en el hueso y los osteoblastos coordinan la deposición del hueso. La velocidad de deposición puede ser de 1 a 2 micras por día, dependiendo la localización. (12)

- **Cicatrización**

Los fenómenos que tienen lugar durante la cicatrización normal de una herida en heridas blandas (por ejemplo, inflamación, fibroplasia y remodelación) también se producen durante la reparación del hueso lesionado. A diferencia de los tejidos blandos, los osteoblastos y osteoclastos también están involucrados en la reconstitución y remodelación del tejido osificado dañado. (9)

Las células osteogénicas (osteoblastos) derivan de tres fuentes: periostio, endostio y células mesenquimatosas pluripotenciales. Los osteoclastos, que derivan de células precursoras monocíticas, actúan reabsorbiendo el hueso necrótico, así como el hueso que precisa ser remodelado. Luego, los osteoblastos depositan el osteoide, que si se mantiene inmóvil durante la curación se suele calcificar. (9)

Los clínicos utilizan los términos cicatrización por primera, segunda y tercer intención. (9)

- Cicatrización por primera intención: los márgenes de una herida en la que apenas hay pérdida tisular se colocan y se estabilizan casi en la misma posición anatómica que ocupaban antes de la lesión. La cicatrización del hueso por primera intención tiene lugar cuando existe una fractura incompleta, de tal forma que los extremos óseos no están totalmente separados entre sí, o cuando el cirujano reaproxima íntimamente la fractura y la estabiliza con rigidez, lo

cual produce escasa cantidad de tejido fibroso dando lugar a una rápida osificación con una mínima formación de callo óseo. (9)

- Cicatrización por segunda intención: este tipo de cicatrización implica que después de la reparación sigue habiendo una separación entre los bordes de una incisión o laceración, o entre dos fragmentos de hueso o nervio, o implica que ha tenido lugar una pérdida tisular que impide la aproximación de los bordes de la herida. En estas situaciones se precisa una gran cantidad de migración epitelial, depósito de colágeno, contracción y remodelación durante la curación. La cicatrización es más lenta y produce mayor tejido cicatricial que en la cicatrización por primera intención. Algunos de los ejemplos de heridas que cicatrizan por segunda intención son los alveolos postextracción, fracturas mal consolidadas, úlceras profundas o cualquier herida extensa con avulsión de tejido blando. (9)
- Cicatrización por tercera intención: se usa para referirse a la cicatrización de heridas que curan mediante injertos tisulares para cubrir grandes áreas y salvar el espacio entre sus márgenes. (9)

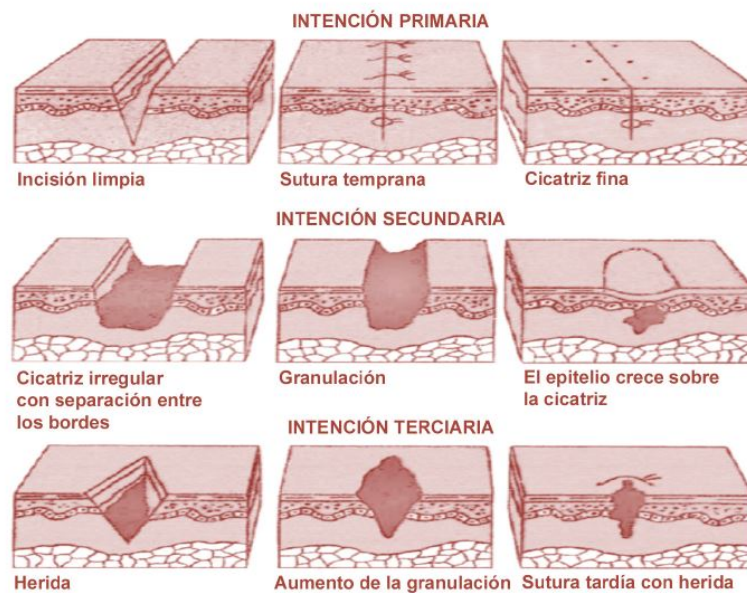


Figura 8. Esquema representativo de la cicatrización tisular por primera intención, segunda intención y tercera intención. (30)

- Cicatrización de alveolos postextracción

La extracción del diente pone en marcha la misma secuencia de inflamación, epitelización, fibroplasia y remodelación que se presentan en las heridas prototípicas de piel y mucosas. (9)

Los alvéolos curan por segunda intención, de forma que son necesarios muchos meses antes de que cicatrice hasta el punto que sea difícil distinguirlo del hueso que lo rodea cuando se examina una radiografía. (9)

Cuando se extrae un diente, el alvéolo que queda está constituido por hueso cortical (lámina dura radiográfica) cubierto por los ligamentos periodontales desgarrados, junto con un ribete de epitelio oral (encía) en la porción coronal. (9)

El alveolo se rellena con sangre que se coagula y lo aísla del medio oral. La fase inflamatoria tiene lugar durante la primera semana de curación. Los leucocitos penetran en el alveolo, eliminan las bacterias contaminantes de la zona y comienzan a retirar materiales de desecho, como fragmentos óseos. (9)

La fase fibroblástica también comienza durante la primera semana de curación con el crecimiento de los fibroblastos y de los capilares. El epitelio migra por la pared del alvéolo hasta alcanzar un nivel en el que contacta con el epitelio del otro lado del alvéolo hasta alcanzar un nivel en el que contacta con el epitelio del otro lado del alvéolo o se conecta con el lecho del tejido de granulación (tejido con un relleno de numerosos capilares y fibroblastos inmaduros) por debajo del coágulo sanguíneo sobre el cual el epitelio puede migrar. Por último, durante la primera semana de cicatrización, los osteoclastos se acumulan a lo largo del hueso crestal. (9)

La segunda semana se caracteriza por la acumulación de una gran cantidad de tejido de granulación, que rellena la cavidad. El depósito de osteoide comienza a lo largo del hueso alveolar. En alvéolos de pequeño tamaño, el epitelio puede ya estar completamente regenerado. (9)

Los fenómenos que se han iniciado en la segunda semana continúan durante la tercera y la cuarta semana de cicatrización, de modo que la epitelización de la mayoría de los alvéolos se produce en ese momento. (9)

El hueso cortical sigue reabsorbiéndose desde la cresta y las paredes del alvéolo y se deposita nuevo hueso trabecular en dicho alvéolo. Hasta pasado de 4 a 6 meses desde la extracción no se produce la reabsorción completa del hueso cortical que delimita el alvéolo. Desde el punto de vista radiográfico, esto se manifiesta con una pérdida de definición de la lámina dura. A medida que el alvéolo se rellena de hueso el epitelio se desplaza hacia la cresta alveolar y finalmente, se sitúa al mismo nivel que la encía crestral adyacente. Un año después de la extracción, el único remanente visible en el alvéolo es un rodete de tejido fibroso denominado cicatriz que permanece en el reborde alveolar edéntulo. (9)

Hay dos factores esenciales para una curación correcta del hueso: la vascularización y la inmovilización. Si la vascularización o el aporte de oxígeno son muy deficientes, no se producirá la condricación ni la osificación del tejido fibroso. (9)

- Factores que dificultan la cicatrización

Existen cuatro factores que pueden dificultar la cicatrización después de una extracción: (9)

1. Cuerpo extraño: es un elemento que el sistema inmune del organismo del huésped interpreta como no propio, como bacterias, suciedad y material de suturas. (9)
2. Tejido necrótico: el tejido necrótico en la herida provoca dos problemas; el primero es que su presencia actúa como una barrera que impide el crecimiento de las células reparativas, lo cual prolonga la fase inflamatoria mientras los leucocitos eliminan el material de desecho mediante procesos de lisis enzimática y fagocitosis. El segundo problema es que el tejido necrótico sirve de nicho protector para las bacterias lo cual procede a dar un foco de infección. (9)
3. Isquemia: la disminución del aporte sanguíneo a la herida interfiere de diferentes formas con la reparación de la misma. Este aporte menor puede causar necrosis tisular o disminuir el aporte de anticuerpos, leucocitos y antibióticos en la herida. con lo que el riesgo de infección aumenta. (9)
4. Tensión: la tensión sobre la herida es un factor que puede dificultar la cicatrización. Si una sutura es retirada demasiado pronto, es probable que se reabra la herida bajo tensión y que cicatrice con una formación excesiva de tejido cicatricial y contracción de la herida. Si una sutura se deja demasiado tiempo con el fin de vencer la tensión de la herida, esta todavía tenderá a abrirse durante la fase de remodelación, además de que se epiteliza el trayecto de las suturas a través del epitelio, lo cual dejaría marcas permanentes y desfigurantes. (9)

- *Tipos de Injerto Óseo*

Los injertos óseos cumplen dos funciones: una mecánica y otra biológica. En la interfase injerto óseo-huésped existe una compleja relación donde múltiples factores pueden intervenir en la correcta incorporación del injerto. (14)

Los puntos a considerar son la zona de implantación, vascularización del injerto, interfase injerto-huésped, inmunogenética entre donante y huésped, técnicas de conservación, factores locales y sistémicos diversos (hormonales, uso de medicamentos, calidad ósea, enfermedades crónicas degenerativas) y las propiedades mecánicas (que dependen del tamaño, forma y tipo de injerto utilizado). (14)

El éxito de la regeneración ósea está basada en las diferentes propiedades que puede poseer un injerto óseo: (14)

1. Osteogénesis: síntesis del hueso nuevo a partir de células derivadas del injerto o del huésped. Requiere que existan células capaces de generar hueso. (14)
2. Osteoinducción: es el proceso por el que las células madre mesenquimatosas son reclutadas en la zona receptora y a su alrededor para diferenciarse en condroblastos y osteoblastos. La diferenciación y el reclutamiento son modulados por factores de crecimiento derivados de la matriz del injerto, cuya actividad es estimulada al extraer el mineral óseo. Entre los factores de crecimiento se encuentran las proteínas morfogenéticas óseas 2,4 y , factores de crecimiento derivados de las plaquetas, interleucinas, factor de crecimiento fibroblástico, factores de crecimiento pseudo insulínico, factores estimuladores de las colonias granulocitos-macrófagos. También se liberan factores

angiogénicos, como el factor de crecimiento vascular derivado del endotelio y la angiogenia. (14)

3. Osteoconducción: es el proceso en el que tiene lugar un crecimiento tridimensional de capilares, tejido perivascular y células madre mesenquimatosas, desde la zona receptora del huésped hacia el injerto. Este andamiaje permite la formación de hueso nuevo mediante un patrón reversible, determinado por la biología del injerto y el entorno mecánico de la interfase huésped-injerto. (14)

La calcificación para los materiales de relleno óseo se clasifican conforme a su origen: (14)

1. Autoinjerto: es un injerto transferido de una posición a otra dentro del mismo individuo. Los autoinjertos están compuestos principalmente de hueso cortical o hueso esponjoso y médula y se cosechan de sitios donantes intrabucales o extrabucales. (14)
2. Aloinjertos: este tipo de injerto es obtenido por miembros genéticamente distintos pero de la misma especie. Este puede ser hueso esponjoso congelado o médula y hueso seco congelado. Los aloinjertos se emplean fundamentalmente para soportes de cargas mecánicas y resistir fallos en las zonas donde hace falta soporte estructural. Estos cuentan con propiedades osteoconductoras. Tienen la ventaja de estar disponibles en cantidades importantes y en diferentes formas y tamaños, no se sacrifican estructuras del huésped y no hay morbilidad del sitio donador. (14)
3. Xenoinjerto: son injertos tomados de donantes de una especie diferente, estos pueden ser de origen bovino, equino, porcino y hasta de coral. (14) Estos materiales poseen propiedades

osteoconductoras y pueden tener presentes los compuestos orgánicos o mantener sólo su parte mineral. (15)

4. Aloplásticos: son sustitutos sintéticos, inorgánicos, biocompatibles y/o bioactivos, de injerto óseos, que promueven la cicatrización mediante la osteoconducción. Estos deben tener una porosidad que permita la vascularización y provea un área de adherencia a las células osteogénicas. El tamaño óptimo del poro para que esto ocurra es entre 100 - 500 micras, con un volumen total de poros de 75 - 80%. Estos compuestos deben ser inmunogénicos y el hueso debe tener una capacidad alta de adherencia a los mismos. (14)

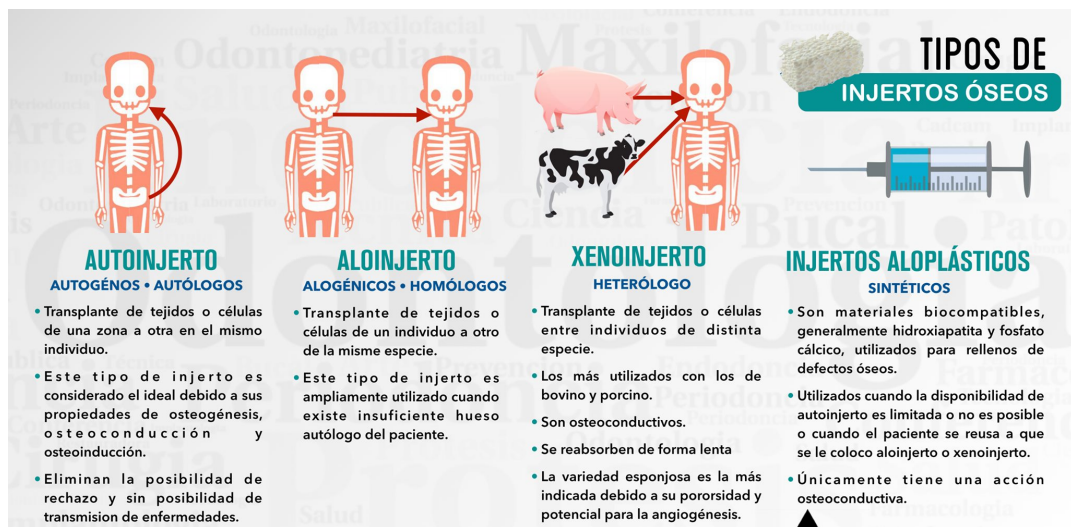


Figura 9. Clasificación de los diferentes tipos de injertos o sustitutos óseos que se ocupan para el uso médico-odontológico. (31)

4. NANOTECNOLOGÍA EN EL ÁREA DENTAL

- *Materiales nanoestructurados en reparación ósea*

En la última década, los materiales nanoestructurados han tenido un papel clave en la investigación biomédica porque algunos tejidos/organismos están constituidos por componentes nanoestructurados. (16)

La estructura molecular de los sistemas vivos incluye carbohidratos, proteínas, lípidos y ácidos nucleicos y tienen excelentes propiedades determinadas por sus patrones y tamaño en el nivel de nanoescala. El paso a una técnica habilitada por la nanociencia ha mejorado significativamente nuestro potencial para planificar y desarrollar mayores reemplazos de tejido. Resultados de la investigación proponen que biológicamente se desea un biomaterial compuesto por partes nanoestructuradas. (16)

Se ha demostrado que estos constituyentes inducen una mejora sustancial en la adhesión celular y absorción de proteínas en comparación con sus equivalentes de tamaño micro. En consecuencia, los constituyentes nanoestructurados se consideran biomateriales prometedores. (16)

La odontología tiene el desafío de encontrar materiales perfectos como sustitutos óseos en varios procedimientos, como malformaciones óseas y deformidades maxilares y faciales. La pérdida de hueso alveolar es el principal desafío. (16)

Normalmente, el hueso tiene la capacidad innata para regenerarse ante cualquier daño. Sin embargo, los defectos óseos recurrentes debido a

lesiones traumáticas, resección de tumores o enfermedades congénitas plantean un gran desafío para la cirugía de reconstrucción. (17)

La ingeniería de tejidos, basada en andamios, es una estrategia prometedora para la medicina regenerativa ósea, porque los andamios de biomateriales muestran propiedades mecánicas avanzadas y un buen perfil de degradación, así como la viabilidad de la liberación controlada de factores de crecimiento y diferenciación o inmovilizarlos en la superficie del material. (17)

El desarrollo de sustitutos de injertos óseos nuevos o mejorados es un área importante para replicar la arquitectura ósea y administrar antibióticos o agentes terapéuticos. (18)



Figura 10. Imagen ilustrativa de un procedimiento de Preservación alveolar con un sustituto óseo y la colocación de una membrana para la contención del injerto. (32)

- Nanopartículas de Sulfato de calcio para la preservación alveolar

Un injerto óseo ideal debe tener propiedades de biocompatibilidad, tener la suficiente fuerza para preservar el espacio y tener una baja tasa de degradación. (19)

El sulfato de calcio como material de injerto sintético se ha utilizado durante décadas en ortopedia, cirugía plástica y cirugías oncológicas y maxilofaciales en el tratamiento de vacíos óseos y deficiencias óseas traumáticas o inflamatorias. (20)

El sulfato de Calcio se encuentra en tres formas, sulfato de calcio dihidratado, sulfato de calcio hemihidratado y sulfato de calcio anhidro. (21)

Dreesman y col; reportaron el potencial osteogénico del sulfato de calcio como sustituto del injerto óseo, aplicándolo ortopedicamente para tratar déficits óseos traumáticos y tuberosos. En 1961 Peltier realizó una revisión exhaustiva de la literatura sobre defectos óseos tratados con sulfato de calcio y solo informó resultados exitosos esporádicos. Según Thomas y Puleo, Thomas et al, Pietrzak y Ronk, Ricci et al, Boden y Stevenson, y Tay y col. Se ha encontrado consistentemente que el sulfato de calcio es altamente biocompatible, osteoconductor y fácil de usar clínicamente. En la revisión de Bahn en 1966 sobre el uso del sulfato de calcio, se resumió que el material es fácil de usar, económico y ofrece muchas ventajas como material de injerto para el relleno óseo. (20)

Estos estudios demostraron que mientras actúa como un relleno de espacio, el sulfato de calcio es reabsorbible y tolerado por los tejidos, mientras se restaura el contorno morfológico y previene el crecimiento

interno de tejido blando en defectos sin el uso de una membrana durante la fase de cicatrización. Peltier y Speer confirmó las propiedades osteoconductoras del sulfato de calcio que permiten el crecimiento de vasos sanguíneos y células osteogénicas. Cuando se implanta en el cuerpo, el sulfato de calcio es absorbido por los osteoclastos por completo con el tiempo, dejando depósitos de fosfato de calcio que estimulan el crecimiento óseo. (20)



Figura 11. Presentaciones de un sustituto óseo bloque /gránulos. (33)

El sulfato de calcio se considera el material de injerto óseo de elección en ortopedia debido a su excelente capacidad osteoconductoras. Sin embargo en aplicaciones maxilofaciales, las dificultades para fraguar el sulfato de calcio en presencia de saliva y sangrado han impedido su uso de manera rutinaria. Este obstáculo fue superado por Amos Yahav en 2010, Yahav modificó el comportamiento del material haciéndolo bifásico. Este cambio no alteró la estructura química ni el comportamiento como material de injerto. Sin embargo, la forma del sulfato de calcio bifásico permite que el sulfato de calcio fragüe en presencia de saliva y sangre. (20)

El sulfato de calcio se puede obtener en forma de bloques, material inyectable o gránulos, esto permite que se pueda combinar con agentes antimicrobianos. (18)



Figura 12. Diferentes presentaciones en las que se puede encontrar el Nano Sulfato de Calcio, las cuales incluiría en bloque, gránulos, cápsulas con antibiótico incluido y masilla. (34)

La principal indicación del sulfato de calcio es para abordar un vacío óseo con la finalidad de evitar el reemplazo de hueso autólogo o aloinjerto, particularmente en el contexto de infección, contaminación osteomielitis o una segunda intervención quirúrgica. (18)

El sulfato de calcio presenta las siguientes propiedades: biocompatible, biodegradable, osteoconductor, angiogénico y hemostático. El sulfato de calcio al ser un producto natural y abundante hace que las industrias médicas lo consideren un material relevante en tecnología. Sin embargo el Sulfato de Calcio presenta muchas limitaciones con respecto a las propiedades regenerativas, tiene una rápida reabsorción, un área larga de superficie y bajas capacidades regenerativas. (19)

Para sobrepasar estas limitaciones, el nano-sulfato de calcio ha sido utilizado como andamio en la regeneración ósea utilizando los principios de la nanotecnología para mejorar las propiedades físicas, como una larga área de superficie para mejorar la absorción de los factores de crecimiento, velocidad controlada de liberación del material absorbido, así

como fuerza mecánica superior para una óptima osteoconductividad y resistencia a las fracturas. (19)

El nano sulfato de calcio es considerado como un injerto viable en procedimientos de elevación del seno maxilar bilateral incluso con o sin plasma rico en fibrina y en defectos de tamaño crítico. El nano sulfato de calcio fue propuesto como reparación prometedora en defectos con accesibilidad limitada, como defectos periodontales, y se afirmó que tenía ventajas clínicas y biológicas sobre el micro sulfato de calcio en alvéolos post extracción. (19)

En un experimento Mohammed et al. (2021) llevaron a cabo un diseño experimental prospectivo de boca dividida en 8 perros mestizos sanos. (19)

Después de dos meses de la extracción del primer premolar, se crearon defectos intraóseos bilaterales mesiales al segundo premolar mandibular. Un lado fue injertado con nano sulfato de calcio, mientras que el lado opuesto fue injertado con micro sulfato de calcio. Los perros fueron sacrificados al azar después de un mes (grupo I) y 3 meses (grupo II). (19)

Los primeros resultados fueron los cambios histológicos de la formación de hueso nuevo en las tinciones con hematoxilina y eosina y tricrómico de Masson, mientras que el análisis histomorfométrico y radiográfico fue el resultado secundario seguido del análisis estadístico. (19)

El experimento obtuvo resultados muy esclarecedores, hubo un aumento significativo en el porcentaje de formación de hueso en relación con la altura del defecto con el sulfato de calcio en la presentación nano en comparación con la forma cristalina después de un mes y tres meses en los resultados histológicos con valores de ($p < 0,0001$) y radiográficos con

valores de ($p < 0,0001$). Por lo que resultó en una mejor regeneración periodontal en la presentación del nano sulfato de calcio en comparación con el micro sulfato de calcio. (19)

Se ha demostrado que el tamaño de partícula de los materiales es un elemento importante en la regeneración ósea. (21)

Bettinger revisó micro y nano escala para controlar el comportamiento celular e influir en los procesos celulares complejos, incluyendo la diferenciación de células madre y organización de tejidos. (21)

Es posible que el sulfato de calcio en nanofase también podría ser superior al material tradicional al mostrar algunos efectos prometedores. El estudio de Zhang tuvo como objetivo comparar las propiedades y beneficios que existen entre el Sulfato de Calcio en escala Micro y escala Nano morfológica. (21)

En el estudio, se caracterizaron dos tipos de materiales Sulfato de Calcio con Difracción de Rayos X (XRD), con analizador térmico (TG/DTA), Infrarrojos por transformada de Fourier (FT-IR) y SEM. Ambos compuestos por Sulfato de Calcio. Las partículas de Nano sulfato de calcio contenían diámetros de 52-300 nm. Las partículas de micro sulfato de calcio eran de láminas delgadas con dimensiones de 5-10 μm . (21)

Los materiales se implantaron en los bolsillos intramusculares de 18 ratones desnudos, se mantuvieron en un ambiente controlado, con base en la Institución de Lineamientos de animales. Se dividieron en tres grupos: Grupo I: sulfato de Calcio con Matriz Ósea Desmineralizada (DBM), grupo II: micro sulfato de calcio con Matriz Ósea Desmineralizada y el grupo III: Nano sulfato de calcio con Matriz Ósea Desmineralizada. A los 56 días posteriores de la implantación in vivo, el nano sulfato de calcio tenía buena compatibilidad con los tejidos. Se pudo observar nueva

mineralización ósea en el sitio de la cirugía. Los resultados con el Nano Sulfato de Calcio con DBM fue del $28 \pm 4,6\%$ a las 4 semanas después de la operación. El micro sulfato de calcio con DBM fue de $16 \pm 3,7\%$ (menos que el Nano sulfato de calcio con DBM). El nano sulfato de calcio mostró una mayor tasa de degradación con anginogenicidad obvia. Como conclusión el nano sulfato de calcio con DBM mostró una propiedad de inducción ósea más excelente como implante de sustitución ósea. (21)

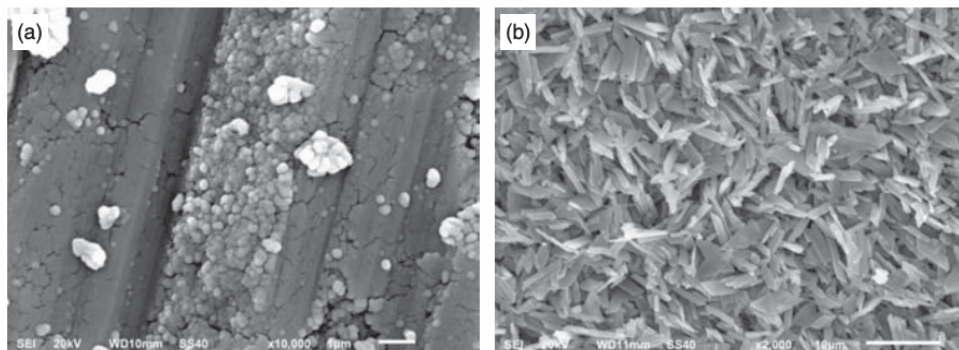


Figura 13. SEM imágenes de las dos presentaciones de partículas de Sulfato de Calcio. (a) nano partículas, (b) micro partículas. Se observan partículas de forma esférica en el nano sulfato de calcio con un diámetro de 52-300 nm y se logra observar algunas partículas de grado micrométrico que se han compuesto por varias nanopartículas (a). El micro sulfato de calcio presenta una partícula conformada delgada con una dimensión de 5-10 μm con un espesor de alrededor de 1.5 μm (b). (35)

López et al. En un caso clínico evalúan el uso del sulfato de calcio en un paciente masculino de 38 años, masculino, sin alteración sistémica, se le extraen dos piezas, 15 y 24 para colocarse implantes dentales en un futuro. (22)

Se le realizaron las exodoncias de la pieza 15 y 24 de forma atraumática, para posteriormente colocar el material regenerativo a base de sulfato de calcio hemihidratado en el alveolo de la pieza 15. La preparación se aplicó en forma de pasta y por capas en el interior del alvéolo hasta cubrirlo completamente. Una vez que se llenó el alvéolo se le agregaron unas gotas de solución de cloruro de potasio para acelerar el fraguado y que la consistencia se mejorara para que funcionara como barrera o membrana

y evitar el ingreso del tejido epitelial y conectivo al interior del alveolo durante las etapas iniciales de la cicatrización. Finalmente se suturó con baja tensión en "X". En la pieza 24 se realizó la extracción atraumática con la excepción de que no se usó ningún material de injerto (grupo control), curetaje del alvéolo y sutura en "X". Se prescribió antibiótico oral, Megacilina 1 cápsula cada 8 horas por 4 días y 12 cápsulas de Dolocordralan extra forte 1 cada 8 horas por 4 días después de la operación, Clorhexidina 0.12% para enjuagues bucales suaves durante 30 segundos dos veces por día durante 1 semana. Las suturas se retiraron a los 10 días. Exámenes de control y registro durante la fase de cicatrización se realizaron durante el seguimiento a 1, 2 y 4 meses. (22)

A los 4 meses se le realiza la cirugía para la colocación de implantes, se realizaron las biopsias previo a la colocación, se tomó la muestra A que fue llenada con sulfato de calcio y se tomó la muestra B sin relleno para el estudio histológico e histomorfométrico. (22)

Los resultados del procedimiento arrojaron que el sulfato de calcio hemihidratado como material regenerativo funcionó como relleno y barrera en el alvéolo de prueba, clínicamente conservó mejor los tejidos en volumen y dimensión horizontal. Logró la reducción de la reabsorción ósea alveolar horizontal y preservó el reborde en el momento de la colocación del implante que se redujo 0.69 mm en el alveolo de prueba pieza 15, en comparación con el alveolo control pieza 24 (el cual no se le injertó material de regeneración ósea) y se redujo 2.16 mm. (22)

Histológicamente, la muestra del alveolo con sulfato de calcio, mostró un promedio de tejido óseo de 37.3% (hueso laminar 32.3% y hueso trabecular 5%). Promedio de tejido fibroso 62.7%. La muestra control mostró un promedio de tejido óseo de 27.1% (hueso laminar 21%, hueso trabecular 6.1%). Promedio de tejido fibroso y médula ósea 72.9%. (22)

En las dos muestras hubo formación de hueso nuevo. En la zona de prueba no se observaron residuos del sulfato de calcio, además de ofrecer una mayor resistencia a la trefina, y mayor resistencia al corte en comparación con el alvéolo control. (22)

III. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

Es importante realizar procedimientos de preservación alveolar como proceso obligatorio para cualquier exodoncia que se realice. Actualmente, a muchos pacientes no se les indica las posibles consecuencias que conlleva el retirar una pieza dental ya sea por traumatismo, infección, una endodoncia iatrogénica, enfermedad periodontal o la consecuencia que indique una extracción de la pieza dental.

Con un material de bajo costo, biocompatible, con buena resistencia mecánica y con buenas propiedades osteoconductoras, como lo es el sulfato de calcio nanoestructurado, tenemos la oportunidad de prevenir un colapso alveolar que a futuro puede mejorar en tiempo, dinero y calidad de trabajo, un futuro tratamiento protésico y así mejorar la calidad de vida del paciente y dejar una buena carta de presentación de nuestro trabajo como cirujanos dentistas.

IV. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Anusavice, Kenneth J, and Ralph W Phillip. Phillips Ciencia de Los Materiales Dentales. Madrid: Elsevier; 2004.
2. Im G-I, editor. Biomaterials in orthopaedics: the past and future with immune modulation [Internet]. Biomaterials research. 2020. Vol. 24(7). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32042442/>
3. Barcelo Santana, Federico Humberto. Materiales dentales: conocimientos básicos aplicados. México: Trillas; 2017.
4. Alvarez M, Ruíz F, Guerra J, Guil M, Ortega V, Covani. Injertos óseos y biomateriales en implantología oral [Internet]. Avances en odontoestomatología. 2018. Vol. 34(3). Disponible en: <https://scielo.isciii.es/pdf/odonto/v34n3/0213-1285-odonto-34-3-111.pdf>
5. Fernández JS, Ballester Alfaro JJ, Biomateriales y sustitutos óseos en traumatología y cirugía ortopédica. España: Universidad de Cadiz; 2011.
6. López J. Sulfato de calcio: propiedades y aplicaciones clínicas [Internet]. Revista Clínica de Periodoncia, Implantología y Rehabilitación Oral. 2011. Vol. 4 (3). Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/piro/v4n3/art12.pdf>
7. Tortora GJ, Derrickson B, Burkett B et al. Principios de Anatomía y Fisiología. Buenos Aires: Médica Panamericana; 2010.
8. Cosme Gay Escoda. Tratado de Cirugía Bucal: Tomo 1; Madrid, Ergon. 2011
9. Hupp JR, Ellis E, Tucker MR, Manel Gorina Faz. Cirugía oral y maxilofacial contemporánea. Barcelona: Elsevier; 2014.
10. Faria-Almeida R, Astramskaite-Januseviciene I, Puisys A, Correia F. Extraction Socket Preservation with or without Membranes, Soft Tissue Influence on Post Extraction Alveolar Ridge Preservation: a Systematic Review [Internet]. Journal of oral & maxillofacial research; 2019. Vol. 10(3). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31620267/>
11. Socket preservation techniques: An overview with literature review [Internet]. SRM Journal of Research in Dental Sciences. 2022. Vol. 13(3). Disponible en: <https://www.srmjrd.in/article.asp?issn=0976-433X;year=2022;volume=13;issue=3;spage=115;epage=120;aulast=Ebenezer#:~:text=Socket%20preservation%20is%20a%20procedure,bone%20formation%20within%20the%20socket.&text=It%20is%20usually%20done%20immediately,the%20presence%20of%20acute%20infections.>

12. Garcia JA. Aplicación de Plasma rico en Factores de Crecimiento en Cirugía Bucal; Presente en 3 casos clínicos [Internet]. [Facultad de Estudios Superiores Zaragoza]: Universidad Nacional Autónoma de México; 2014. Disponible en: <http://132.248.9.195/ptd2014/marzo/0710093/0710093.pdf>
13. Fernández-Tresguerres Hernández-Gil Isabel, Alobera Gracia Miguel Angel, Canto Pingarrón Mariano del, Blanco Jerez Luis. Bases fisiológicas de la regeneración ósea II: El proceso de remodelado. [Internet]. Medicina oral patología oral cirugía bucal. 2006. Vol. 11 (2). Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1698-69462006000200012&lng=es.
14. Zárate-Kalfópulos, B; Reyes, A. Injertos óseos en cirugía ortopédica. Cir Ciruj; 2006 Vol. 74 (3). Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/circir/cc-2006/cc063n.pdf>
15. Rebolledo Cobos M, Harris Ricardo J, Higgins Samper E, Molinares Camargo L. Cicatrización y regeneración ósea de los maxilares después de una quistectomía: reporte de un caso y revisión de la literatura.[Internet]. Universitas Odontológicas. 2011. Vol. 30 (65). Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=231221606009>
16. Razavi M. 2 - Bio-based nanostructured materials [Internet]. Narayan R, editor. ScienceDirect. Woodhead Publishing; 2018. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780081007167000027>
17. Zhu L, Luo D, Liu Y. Effect of the nano/microscale structure of biomaterial scaffolds on bone regeneration.[Internet] Int J Oral Sci. 2020. Vol. 12 (6). Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41368-020-0073-y>
18. David C. Lobb, Brent R. DeGeorge, A. Bobby Chhabra, Bone Graft Substitutes: Current Concepts and Future Expectations, [Internet] The Journal of Hand Surgery; 2019. Vol. 44 (6).Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0363502318307664>
19. Mohammed, A. A., Elsherbini, A. M., Ibrahim, F. M., El-Meadawy, S. M., & Youssef, J. M. Biological effect of the nanocrystalline calcium sulfate bone graft in the periodontal regeneration. [Internet]. Journal of Oral Biology and Craniofacial Research; 2021. Vol. 11(1). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33344161/>
20. Baranes D, Kurtzman GM. Biphasic Calcium Sulfate as an Alternative Grafting Material in Various Dental Applications.[Internet] Journal of Oral Implantology. 2019. Vol. 45(3). Disponible en: <https://doi.org/10.1563/aaid-joi-D-18-00306>

21. Zhang, C., Li, Z., Li, Q., Han, L., Zhu, J., Bai, Y., Ge, C., Zhao, Y., & Zhong, H. Properties and osteogenicity of two calcium sulfate materials with micro or nano morphology. [Internet] Journal of Nanoscience and Nanotechnology; 2016. Vol. 16(3). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27455629/>
22. López J, Alarcón M, Sacsquispe S. Utilización de sulfato de calcio hemihidratado como material de relleno y barrera en un alveolo post-exodoncia: Una observación clínica, tomográfica e histológica comparativa a 4 meses antes de la colocación de implantes. [Internet]. Rev. Clin. Periodoncia Implantol. Rehabil. Oral. 2014. Vol.7(1). Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0719-01072014000100007&lng=es.

IMÁGENES ILUSTRATIVAS

23. Imagen recopilada de [Internet]:
<https://cirugiaoraleimplantologia.tumblr.com/post/658423689213313024/el-uso-de-injertos-%C3%B3seos-y-materiales-substitutos/amp>
24. Imagen recopilada de [Internet]:
<https://www.cocinista.es/web/es/enciclopedia-cocinista/ingredientes-modernos/sulfato-de-calcio.html>
25. Imagen recopilada de [Internet]:
https://www.freepik.es/fotos-premium/dos-articuladores-dentales-modelos-yeso-dental-laboratorio-dental_16059255.htm
26. Imagen recopilada de: Tortora GJ, Derrickson B, Burkett B et al. Principios de Anatomía y Fisiología. Buenos Aires: Médica Panamericana; 2010.
27. Imagen recopilada de: Tortora GJ, Derrickson B, Burkett B et al. Principios de Anatomía y Fisiología. Buenos Aires: Médica Panamericana; 2010.
28. Imagen recopilada de [Internet]:
<https://quizizz.com/admin/quiz/60905bf337a615001b2fde16/prepatec-sistema-musculo-esqueletico>
29. Imagen recopilada de: Compston JE. Bone morphology: quality, quantity and strength. In: Advances in Reproductive Endocrinology. Oestrogen Deficiency: Causes and Consequences, edited by Shaw RW. Carnforth, Lancs, UK: Parthenon, 1996, vol. 8, p. 63–84.
30. Imagen recopilada de [Internet]:
<https://ulcerasfora.sergas.gal/Informacion/Clasificacion-Cirujica?idioma=es>

31. Imagen recopilada de [Internet]:
<https://www.facebook.com/ArteyCienciaOdontologica/photos/a.523039464548913/1360588984127286/>
32. Imagen recopilada de [Internet]:
<https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fpuigbaldrich.com%2Ftecnicas-tipos-injerto-hueso-regeneracion-osea%2F&psig=AOvVaw2bT8gU8dJnify8ShKaVdGj&ust=1669497431008000&source=images&cd=vfe&ved=0CBEQjhxqFwoTCKDlSdygyvsCFQAAAAAdAAAAABAE>
33. Imagen recopilada de [Internet]:
<https://osteophoenix.com/blog/mejores-injertos-hueso-sinteticos>
34. Imagen recopilada de [Internet]:
<https://fondoscience.com/mon-act-semcpt/num9-2017/fs1705007-sustitutivos-oseos>
35. Imagen recopilada de [Internet]: Zhang, C., Li, Z., Li, Q., Han, L., Zhu, J., Bai, Y., Ge, C., Zhao, Y., & Zhong, H. Properties and osteogenicity of two calcium sulfate materials with micro or nano morphology. [Internet] Journal of Nanoscience and Nanotechnology; 2016. Vol. 16(3): Disponible en:
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27455629/>