

**GUÍA DE REFERENCIA SOBRE BIOMATERIALES
CERÁMICOS APLICADOS EN CIRUGÍA DE SISTEMA ÓSEO**

**DIANA YIRLEY RAMOS CUBILLOS
YIRA MILENA MAYORGA MAYORGA**

**UNIVERSIDAD ECCI
FACULTAD DE INGENIERÍAS
INGENIERÍA BIOMÉDICA
BOGOTÁ, D.C.**

2014

**GUÍA DE REFERENCIA SOBRE BIOMATERIALES
CERÁMICOS APLICADOS EN CIRUGÍA DE SISTEMA ÓSEO**

DIANA YIRLEY RAMOS CUBILLOS

YIRA MILENA MAYORGA MAYORGA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

DIRECTOR

ING. LUIS JAVIER MARTÍNEZ G.

P.h.D.

Docente Investigador

UNIVERSIDAD ECCI

FACULTAD DE INGENIERÍAS

INGENIERÍA BIOMÉDICA

BOGOTÁ, D.C.

2014

TABLA DE CONTENIDO

1	MANUAL DE BIOMATERIALES.....	6
2	PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	9
2.1	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	9
2.2	FORMULACIÓN DE PROBLEMA.....	9
3	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	10
3.1	OBJETIVO GENERAL.....	10
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	10
4	JUSTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	11
4.1	JUSTIFICACIÓN.....	11
4.2	DELIMITACIÓN.....	11
5	MARCO DE REFERENCIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	12
5.1	MARCO TEÓRICO.....	12
5.2	BIOCOMPATIBILIDAD.....	16
5.3	BIOINERTES.....	16
5.4	BIOABSORBIBLES O BIODEGRADABLES.....	16
5.5	MARCO LEGAL.....	16
5.6	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	17
5.7	DISEÑO METODOLOGICO.....	17
5.8	LA FASE PREPARATORIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	17
5.9	LA FASE DE PRE-TEST O PRECONSULTA.....	18
5.10	FASE DE LEVANTAMIENTO Y PROCESO DE LA INVESTIGACIÓN.....	18
6	FUENTES PARA LA OBTENCIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	19
6.1	FUENTES SECUNDARIAS.....	19
7	RECURSO HUMANO.....	19
7.1	RECURSO FÍSICO.....	20
8	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	20
9	MANUAL TECNICO Y FUNCIONAL DE BIOMATERIALES CARACTERISTICAS ESPECÍFICAS.....	21
9.1	Propiedades Biológicas.....	21
9.2	Propiedades Físico-Químicas.....	22
9.3	Propiedades Mecánica.....	22
9.4	Uso combinado de células troncales.....	24
10	CLASIFICACIÓN DE BIOMATERIALES SEGÚN SUS PROPIEDADES Y APLICACIONES MÉDICAS.....	25
10.1	CERÁMICOS.....	25
11	CARACTERISTICAS SEGÚN EL TIPO DE RESPUESTA EN EL TEJIDO.....	25
11.1	SEGÚN LA APLICACIÓN.....	26
11.1.1	VENTAJAS.....	26
11.1.2	DESVENTAJAS.....	26
12	APLICACIONES MÉDICAS DE LOS BIOCERÁMICOS.....	27

13 BIOMATERIALES METALICOS	29
14 CARACTERÍSTICAS DE FUNCIÓN DE LOS BIOMETALES	30
14.1 VENTAJAS.....	30
14.2 DESVENTAJAS.....	30
15 APLICACIONES EN MEDICINA	31
16 BIOPOLIMEROS.....	33
17 CARACTERÍSTICAS DE LOS BIOPOLIMEROS	33
17.1 COMPORTAMIENTO HIDROFÓBICO.....	34
18 APLICACIONES MÉDICAS DE LOS BIOPOLIMEROS	35
19 BIOMATERIALES CERÁMICOS APLICADOS EN CIRUGÍA DE SISTEMA ÓSEO	36
19.1 BIOCERÁMICOS INERTES	36
19.1.1 ALÚMINA	36
19.1.2 USOS Y APLICACIONES	37
19.1.3 ZIRCONIA.....	38
19.1.4 USOS DE LA ZIRCONIA	38
20 BIOCERAMICAS ACTIVOS	40
20.1 HIDROXIAPATITA (HAP).....	40
20.1.1 USOS DE LA HIDROXAPATITA	42
20.2 COMPUESTOS.....	42
21 BIOCERÁMICOS BIOABSORBIBLES.....	43
21.1 USOS DEL BIOMATERIAL.....	43
21.2 BIOVIDRIOS.....	43
21.3 VITROCERÁMICOS.....	44
22 BIOCERÁMICOS COMERCIALES.....	45
22.1 HIDROXIAPATITA COMERCIAL.....	47
23 VIDRIOS Y VITROCERÁMICOS BIOACTIVOS	48
24 ESTADO ACTUAL DE LOS BIOMATERIALES Y PERSPECTIVAS FUTURAS	50
25 GUÍA RÁPIDA DE CONSULTA DE LOS BIOMATERIALES SEGÚN SU COMPOSICIÓN Y PROPIEDADES.....	53
25.1 Propiedades mecánicas de los biomateriales.....	53
25.2 PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS DE LOS BIOCERÁMICOS	54
26 CLASIFICACIÓN DE LOS BIOCERÁMICOS SEGÚN SUS TEMPERATURAS DE PROCESAMIENTO Y COMPOSICIONES	55
27 COMPOSICIÓN Y CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES DE LOS BIOCERÁMICOS.....	56
28 PROPIEDADES QUÍMICAS DE LOS BIOMETALICOS	56
29 BIBLIOGRAFÍA	57

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. (Artroplastia de cadera intervenida por un material cerámico)	29
Ilustración 2. (Implante dental con tornillo Metálico).....	32
Ilustración 3. (Aleación de cromo en válvula cardiaca).....	32
Ilustración 4. Vitrocerámico Comercial	49

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Propiedades Físicas de la Alúmina	37
Tabla 2. Propiedades de la Zirconia.....	39
Tabla 3. Propiedades del Hidroxiapatita	41
Tabla 4. Composiciones en % en peso de algunos Biovidrios	44
Tabla 5. Clasificación de los biocerámicos en relación con la respuesta tisular	45
Tabla 6. Características de Función Bio-ostetic.....	47
Tabla 7. Características de función Pro-osteon.....	48
Tabla 8. Características de función Vitrocerámicos PerioGlas.....	50
Tabla 9. Propiedades mecánicas de los Biomateriales.....	53
Tabla 10. Guía Técnica de Propiedades de los Biomaterial.	54
Tabla 11. Clasificación de los biocerámicos según su temperatura de procesamiento y composición.	55
Tabla 12. Composición y características estructurales de los biocerámicos	56
Tabla 13. Propiedades Químicas y Ventajas de los Biometálicos.....	56

1 MANUAL DE BIOMATERIALES

El siglo XXI se ha caracterizado por el desarrollo dinámico de nuevas aplicaciones tecnológicas las cuales conjuntan conocimientos de varias ciencias y disciplinas como, la ingeniería, la física y la biología, entre otras referencias. La unión de estas ciencias exactas ha llevado a la creación de una disciplina científica y tecnológica llamada Bioingeniería, en la cual se aplican principios y métodos para la comprensión y solución de problemas biológicos y médicos a través de la utilización de técnicas donde se combina la materia inerte con materia viva para el diseño de modelos o dispositivos para el tratamiento o rehabilitación de las personas. Las necesidades del mundo contemporáneo y la admirable capacidad de ingenio del ser humano para diseñar, producir e implementar soluciones que aporten beneficios a la sociedad y a la solución a distintas enfermedades, ha abierto en la bioingeniería, un universo de aplicaciones soportadas entre otras por los biomateriales, enfocados a regenerar y/o reparar funcionalmente tejidos y órganos.

El uso de materiales para la elaboración de piezas de soporte o de sustitución de partes del organismo se asocia a la historia de la humanidad desde tiempos remotos, dando lugar al surgimiento y desarrollo de dispositivos en esta área. Se usaron materiales no biológicos, como el oro, la madera, el vidrio y en particular metales como el aluminio para el tratamiento de heridas y de algunas enfermedades. Ya en la era moderna, en la Europa del siglo XVI se empleó el oro y la plata para la reparación dental y, más tarde, hilos de hierro para la inmovilización de fracturas óseas.¹

¹ (Tecnologica, 2011)

El paso inicial del desarrollo de las nuevas disciplinas de la ciencia e ingeniería de materiales sucedió en la década del 50, con el uso de procedimientos empíricos para adaptar materiales convencionales a aplicaciones biomédicas. Esto fue generando respuestas a los desafíos planteados por la necesidad de producir dispositivos biomédicos de alto rendimiento.

Los biomateriales deben ser materiales biocompatibles, es decir, materiales que produzcan un mínimo de rechazo al estar en contacto con tejidos vivos, su finalidad es reemplazar alguna parte del organismo o reconstruir algún tejido de forma segura y fisiológicamente aceptable, deben asegurar una vida media, ya que algunos tipos de materiales deben permanecer determinado tiempo dentro del organismo, además es importante saber que cuentan con características y propiedades fisicoquímicas específicas que determinan su elección a la hora de fijar el desempeño funcional esperado. Un ejemplo son los hilos de sutura para tejidos internos que están diseñados para ser absorbidos por el organismo.

En la actualidad, el uso de biomateriales con fines regenerativos está ampliamente extendido en el campo de la biomedicina. Su aplicación comienza a ser frecuente para el tratamiento de las heridas, los sistemas de liberación de fármacos, los injertos vasculares o la reconstrucción de tejidos. Del mismo modo, el empleo de biomateriales en el ámbito quirúrgico es múltiple y variado, tal es el caso de los implantes usados en cirugía estética; cuyo interés general es lograr formas y contornos diferentes para determinadas partes del cuerpo.

Teniendo en cuenta la importancia del tema en el campo de la Bioingeniería y en especial de su aplicación y uso en la salud humana, difícilmente existe en el estado del arte una herramienta de consulta que ofrezca información precisa sobre biomateriales, su caracterización y posibilidades de aplicación en las diferentes áreas de la medicina.

El presente proyecto de investigación se enfoca principalmente en la realización de una guía sobre biomateriales cerámicos de aplicación en el sistema óseo; que sirva como referencia al usuario para la identificación y selección de biomateriales escalados al desarrollo tecnológico biomédico y aplicados a los sistemas anteriormente mencionados. La guía incluye los factores y propiedades (físicas y químicas) de constitución, compatibilidad y funcionalidad, siendo una herramienta de consulta y toma de decisiones para estudiantes en áreas afines, ingenieros, médicos y desarrolladores de tecnología biomédica a partir del uso de biomateriales cerámicos. Es importante que se comprenda las diferencias que existen entre un material y un biomaterial por lo que se intenta apoyar con una motivación en la creación e innovación de nuevos biomateriales que contribuyan al desarrollo de la ciencia y la tecnología.

2 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En el estado del arte difícilmente se dispone de información referenciada y catalogada sobre biomateriales, y en el caso particular; sobre cerámicos utilizados en el sistema óseo, con lo cual se permita acceder a una fundamentación práctica y conceptual para la investigación y desarrollo de aplicaciones en esta área. Teniendo en cuenta lo anterior, se busca crear una herramienta de investigación y consulta sobre biomateriales cerámicos con aplicación en sistema óseo, en la cual se describan las especificaciones de composición y funcionales de los mismos (propiedades físico-químicas, biológicas, mecánicas, biocompatibilidad) para su uso y aplicación dentro del organismo humano. Esta servirá como fuente importante de información para profesionales en cualquier disciplina asociada a la bioingeniería (ingenieros, diseñadores, biólogos celulares, médicos y cirujanos) interesados en diseñar o utilizar biomateriales cerámicos que busquen mejorar la condiciones de vida de las personas que se vean afectadas con enfermedades del sistema óseo.

2.2 FORMULACIÓN DE PROBLEMA

El propósito de esta investigación es determinar el grado de adaptación de los Biomateriales utilizados en medicina y describir su correcta utilización en aplicaciones del sistema óseo.

3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar un guía práctica y funcional sobre biomateriales cerámicos de aplicación en el sistema óseo del ser humano, que presente todas las características de función, propiedades (físicas y químicas) de constitución, compatibilidad y funcionalidad de los mismos, con el fin de crear una herramienta de consulta, que permita la identificación y la toma de decisiones en el momento de seleccionar algún biocerámico para procesos de investigación o desarrollo de aplicaciones en el campo de la cirugía ósea.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir los biomateriales cerámicos más usados en aplicaciones Oseas.
- Catalogar las propiedades físicas-químicas y morfológicas de composición en el uso de biocerámicos en el cuerpo humano.
- Mostrar las ventajas y Desventajas que tiene su desarrollo y aplicación en el campo de la medicina.
- Explicar las diferentes aplicaciones que tienen los biocerámicos en cirugías de sistema óseo.

4 JUSTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 JUSTIFICACIÓN

El estudio de los biomateriales en el sistema óseo y en especial de los Biocerámicos, tiene como propósito consolidar una herramienta precisa para la selección y uso de ellos en beneficio de las personas que los necesiten. Debido a que los biomateriales que son utilizados en los seres humanos deben llenar las exigencias del tejido al ser aplicado, es de vital importancia poseer el conocimiento íntegro de las propiedades biológicas, físicas, químicas, mecánicas de los biomateriales que se utilizan en la práctica diaria en la medicina además de estar consciente de que deben ser productos de calidad y seguridad comprobada.

Teniendo en cuenta su aplicación, funcionalidad y el tamaño de la población que requiere de algún implante o dispositivo con biomateriales, es importante la difusión de información para la correcta toma de decisiones alrededor del desarrollo tecnológico, además de considerar que han servido como solución a una necesidad emergente en la salud humana, siendo de gran utilidad en la medicina generando que la esperanza de vida aumente considerablemente.

4.2 DELIMITACIÓN

La importancia del uso de los biomateriales en la salud humana, a partir de los últimos avances en la medicina como el desarrollo de biomateriales para reconstrucciones de tejidos, específicamente los biomateriales cerámicos utilizados en cirugía del sistema óseo.

5 MARCO DE REFERENCIA DE LA INVESTIGACIÓN

5.1 MARCO TEÓRICO

El término biomaterial se designa de aquellos materiales utilizados en la fabricación de dispositivos que interactúan con los sistemas biológicos, o cualquier sustancia o combinación de sustancias de origen natural o artificial que puede ser usada durante cierto tiempo como un todo o como parte de un sistema que permite tratar, aumentar o reemplazar algún tejido, órgano o función del cuerpo humano.

Dentro de los biomateriales están comprendidos materiales de muy diferente naturaleza, como los metales, los cerámicos, los polímeros tanto naturales como sintéticos, así como los materiales compuestos. Sobre la base de la duración y la forma de contacto que se establece con el organismo, los Biomateriales suelen clasificarse como de uso temporal o de uso permanente y de localización intra o extracorpórea.

“Desde el punto de vista de su función se puede distinguir los dispositivos destinados al soporte, diagnóstico o tratamiento”.² Otros pueden incluir células vivas y constituir los llamados biomateriales híbridos y los que hay que son capaces de responder a señales provenientes del medio biológico que se denominan materiales inteligentes.

No cualquier material puede constituirse como biomaterial para ello debe cumplir con una serie de requisitos:

1. Ser Biocompatibles
2. No ser tóxico ni carcinógeno
3. Ser químicamente estable (no presentar degradación en el tiempo)

² (Abraham, Gonzales, & R, 1998)

4. Tener una resistencia mecánica adecuada
5. Tener una resistencia a la fatiga adecuada
6. Tener una densidad y pesos adecuados
7. Tener un diseño de Ingeniería perfectos esto es el tamaño del implante debe ser el adecuado
8. Ser relativamente económico, reproducible y fácil de fabricar y procesar.

El uso de los Biomateriales dentro del campo de la medicina es muy amplio, por ejemplo como implantes en el sistema óseo y muscular, en el sistema cardiovascular, en el sistema digestivo, en implantes craneales, en los órganos de los sentidos y como implantes cosméticos u odontológicos entre otros.

El campo de los biomateriales ha experimentado un gran avance en los últimos años y una motivación importante para esto ha sido el hecho de que la esperanza de vida aumente de forma considerable, si se observa en la actualidad aproximadamente una de cada diez personas requieren de algún tipo de prótesis debido a la necesidad y utilidad que representan para la salud.

Según estudios de prospectiva realizados en Naciones Unidas, dentro de unos 5 años es muy probable que haya más personas de más de 60 años que niños de menos de 15. Hoy en día una de cada diez personas tiene 60 años o más, pero en el año 2050 se prevé que será una de cada cinco, se espera también que el número de los que tienen unos 80 años se multiplique por cinco. La longevidad masiva tiene implicaciones individuales relacionadas con mantener la calidad de vida, estos factores sociológicos han impulsado un gran avance en Biomateriales, y han potenciado la investigación en este campo. Si a esto se le añade la mejora de las técnicas

quirúrgicas, se puede entender el crecimiento acelerado en la utilización de prótesis, implantes, sistemas y aparatos médicos que deben trabajar en contacto con los tejidos corporales.³ Usualmente, el desarrollo de Biomateriales ha venido marcado por las necesidades en los campos de la ingeniería mecánica, la industria y actualmente impulsados por la Ingeniería Biomédica a través de un proceso de transferencia tecnológica. Como resultado y a pesar de los avances conseguidos hasta el momento, la complejidad que presenta por ejemplo reemplazar la naturaleza y funcionalidad de los tejidos ha tenido limitaciones en varias aplicaciones. El desarrollo de nuevos Biomateriales se basa, por tanto, en innovación multidisciplinar y en cierta medida en la capacidad de imaginar dichas aplicaciones.

Dentro de las áreas más especializadas para su aplicación se encuentra el mercado ortopédico a nivel mundial se sitúa con una tasa de crecimiento el 5-7% anual, dentro del cual los implantes de cadera ocupan un 30% de dicho segmento. El mercado de tratamiento de heridas representan casi el 40% de la aplicaciones vasculares, actualmente se han desarrollado matrices tisulares en cerámica, metal y polímeros que están dando buenos resultados pero que probablemente no sean aplicados a todo tipo de órganos. El futuro de este campo de aplicación de los Biomateriales se encuentra en el avance la nanotecnología para el desarrollo de materiales compuestos que permitan la regeneración ex vivo e incluso invitro de órganos.

La Ingeniería biomédica cuenta con dos líneas principales de trabajo. Por un lado está llevando a cabo varios estudios en el campo de los materiales inteligentes, compuestos por plásticos y polímeros mezclados con proteínas para liberación controlada de fármacos y adicionalmente investigan, de manera activa, el desarrollo de materiales con memoria de forma (se trata de

³ (Morato & Narváez, 2004)

biomateriales muy elásticos que tienen la capacidad de cambiar de forma cuando varía la temperatura del ambiente).

Es importante tener en cuenta que las propiedades de un material implantable dependen de factores biológicos, mecánicos y cinéticos, y su carácter multidisciplinar, obliga a considerar simultáneamente muchos factores. El que los biomateriales sean tales, implica una composición adecuada no sólo del material implantado, sino también de las partículas liberadas de cualquier implante, como consecuencia de su desgaste y de los productos de degradación a que pueda dar lugar.

Pero tanto tolerancia como toxicidad de cualquier sustancia en el organismo humano son función de la concentración en la que se encuentra presente. Esto es un hecho bien conocido en Química Bioinorgánica, que estudia los elementos que intervienen en la bioquímica de los humanos, lo que puede relacionarse con la composición que debe tener un determinado biomaterial para que cumpla las normas de no toxicidad.

Puede también relacionarse la dosis de cualquier elemento esencial con su respuesta esperada, factor muy importante a la hora de elegir, no sólo la composición, sino la posible concentración de las sustancias que intervienen en el implante.

Atendiendo a la naturaleza del material artificial con el que se fabrica un implante, se puede establecer una clasificación en materiales cerámicos, metálicos, poliméricos o materiales compuestos.⁴

⁴ (Maria V. R., Madrid 2008)

1. BIOCOMPATIBILIDAD

Es la capacidad de un material para ser aceptado por el cuerpo sin irritar los tejidos circundantes y sin provocar inflamaciones, reacciones alérgicas o enfermedades como el cáncer y que es bioaplicable para ser utilizado en algún implante o prótesis. Es un compuesto farmacológicamente inerte diseñado para ser implantado o incorporado dentro del sistema vivo.

5.2 BIOINERTES

Aceptados por el cuerpo y resisten largos periodos de tiempo en un entorno altamente corrosivo de fluidos corporales. Se emplean para implantes permanentes, cirugía maxilofacial y craneal.

5.3 BIOABSORBIBLES O BIODEGRADABLES

Son diseñados para degradarse gradualmente y ser reemplazados por el tejido huésped, se emplean en la sutura reabsorbible o en reconstrucciones óseas como material de relleno en cirugía maxilofacial y ortopédica. Existen diferentes polímeros o cerámicas como la hidroxiapatita porosa, el fosfato tricálcico y el cemento de hidroxiapatita.

5.4 MARCO LEGAL

Los requisitos de aptitud sanitaria y legal están descritos en detalle en distintas legislaciones (ámbito obligatorio). En el caso de los materiales de uso en medicina podemos mencionar la legislación del MERCOSUR (Comisión de Productos para la Salud), de la Unión Europea, de la Food and Drug Administration (FDA) de USA, la Farmacopea Americana (USP), la Farmacopea Europea.

Norma técnica colombiana NTC 1810 Materiales de Restauración con base en Biomateriales. En esta norma no se incluyen los requisitos cuantitativos y cualitativos específicos para la

eliminación de los riesgos biológicos, pero se recomienda que se haga referencia a las normas ISO 10993-1 e ISO 7405 cuando se evalúen los posibles riesgos biológicos o toxicológicos.

La norma ASTM (G 15) define la corrosión como el deterioro de un material y de sus propiedades, provocado por reacción química o electroquímica entre dicho material y su entorno.

5.5 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Nuestro proyecto de Investigación se basa en una investigación exploratoria con el objeto de examinar un tema en las necesidades de la humanidad, además de una investigación descriptiva con el propósito de decir como es y cómo se manifiesta el uso de biomateriales en la salud.

5.6 DISEÑO METODOLOGICO

El proyecto de investigación se desarrollara en tres fases:

- a) Fase preparatoria de la investigación.
- b) Fase de pre-test o pre-consulta.
- c) Fase de levantamiento y procesamiento de la información.

5.7 LA FASE PREPARATORIA DE LA INVESTIGACIÓN

Esta etapa corresponde al trabajo de elaboración del marco formal y teórico de la investigación, la que no implica en general trabajo de campo ni contacto con el terreno de investigación.

Lo que implican el desarrollo de las siguientes tareas:

- a) **Análisis bibliográfico y el estudio documental:** mediante una compilación de los estudios actualmente disponibles y que se expresa en dos tipos de trabajos de búsqueda, a saber, el análisis bibliográfico que tiene por objeto fundar la investigación en la tradición existente de investigaciones científicas sustentables y relativas al mismo tema y que significa hacer una recensión lo más completa y actualizada posible de los materiales publicados y su análisis y confrontación con el objeto de investigación.
- b) **Marco conceptual y teórico:** entendiendo por tal los de conceptos, doctrinas, teorías atinentes y relacionadas con el objeto de investigación y identifica cada uno de los objetivos, hipótesis y variables que se van a investigar.

5.8 LA FASE DE PRE-TEST O PRECONSULTA

Incluye la selección de métodos de observación, formulación de preguntas para el desarrollo de la investigación, formulación de la hipótesis que dé respuesta a las preguntas, diseño muestral es decir el abordaje en campo del tema.

5.9 FASE DE LEVANTAMIENTO Y PROCESO DE LA INVESTIGACIÓN

Aplicación de la información directamente en el campo de estudio, y análisis de acuerdo criterios cualitativos de la información.

6 FUENTES PARA LA OBTENCIÓN DE LA INFORMACIÓN

6.1 FUENTES SECUNDARIAS

Nuestro proyecto de investigación utilizo como fuente de información libros de referencia sobre Biomateriales, artículos científicos, PDF, documentos de internet, trabajos de grado.

- a) Libro BIOAMATERIALES, de Wong Joyce y Bronzino D Joseph.
- b) PDF Materiales y Materias primas Biomateriales Capitulo 8.GustavoDuffo
- c) Libro BIOMATERIALES AQUÍ Y AHORA, de María Vallet Regí
- d) Revista MAFRE TRAUMA, Uso de los Biomateriales en Medicina Regenerativa.
- e) Libro Tecnología de los Materiales Cerámicos.
- f) PDF Biomateriales para sustitución y reparación de tejidos.
- g) PDF Introducción a los Biomateriales.
- h) Revista de divulgación Tecnológica y Científica, La Evolución del Campo de los Biomateriales.
- i) PDF La Ciencia y la Ingeniería de los Biomateriales u Desafío Interdisciplinario.
- j) PDF Propiedades Mecánicas de los Biomateriales.

7 RECURSO HUMANO

Nombres y Apellidos	Profesión Básica	Función básica dentro del proyecto	Dedicación horas/semana
Yira Mayorga	Tecnóloga en Electromedicina	Investigador de Proyecto	15H
Diana Ramos	Tecnóloga en Electromedicina	Investigador de Proyecto	15H
Juan Pablo Carreño Díaz	Especialista en Gestión Tecnológica	Director de Proyecto	4H

7.1 RECURSO FÍSICO

- Computador Portátil
- Bibliotecas (Universidad Javeriana, Universidad ECCI, Fundación Uniciencia).
- Libros, Revistas, USB.

8 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

ACTIVIDADES	MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
ACTIVIDADES/ SEMANA																									
SELECCIÓN DEL TEMA BIOMATERIALES		X	X																						
BUSCAR INFORMACIÓN SOBRE EL TEMA				X		X	X	X																	
ELECCIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS							X																		
VISITA A BIBLIOTECAS				X			X	X	X																
ENTREGAS AL DIRECTO								X	X		X	X	X	X	X	X									
CORRECCIONES									X	X	X	X	X	X	X	X									
ENTREGA DEL ANTEPROYECTO A LA COORDINACIÓN																				X					
APROBACIÓN COMO PROYECTO DE GRADO																				X					
REVISIÓN POR EL LECTOR																				X					
CORRECCIONES LECTOR Y ASESOR																					X	X			
SUSTENTACIÓN																						X			
CORRECCIONES SUGERIDAS POR EL JURADO																						X			

9 MANUAL TÉCNICO Y FUNCIONAL DE BIOMATERIALES CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS

9.1 Propiedades Biológicas.

Cualquier material implantado en el organismo no debe provocar reacciones adversas que impidan obtener el efecto deseado; es decir, el material debe ser biocompatible. Por tanto para evaluar un biomaterial compatible, es necesario tener en cuenta una serie de factores: Los componentes deben de ser derivados de fuentes biológicas.

- a) Las unidades básicas deben ser tratables para modificar el diseño y así lograr necesidades específicas.
- b) Exhibir un grado controlado de degradación del material.
- c) No ser citotóxico.
- d) Poseer propiedades que promuevan las interacciones célula-sustrato.
- e) Producir la mínima respuesta inmune e inflamatoria.
- f) Fácil y reproducible la producción, la purificación y el procesamiento del material.
- g) Compatible químicamente con soluciones acuosas y condiciones fisiológicas.
- h) Facilitar el crecimiento del tejido.
- i) Permanecer estable en la localización implantada durante un periodo de tiempo largo como para permitir la reparación del tejido. Esto implica mínima respuesta inflamatoria y degradación relativamente lenta.⁵

⁵ (Mafre, 2009)

9.2 Propiedades Físico-Químicas:

Los materiales pueden presentar diversas alteraciones superficiales como son la corrosión, la solubilización de algunos componentes o su desintegración en función del tiempo. De este modo el material debe poseer un apropiado grado de degradación para asegurar el mantenimiento de una estructura necesaria desde el momento de implante hasta que el nuevo tejido formado sustituya al soporte.

Algunas de las propiedades físico - químicas más importantes de los biomateriales son la cristalinidad, el comportamiento térmico, el comportamiento mecánico y la resistencia a la degradación química en general. El concepto de cristalinidad de un polímero no es similar al que se utiliza en materiales metálicos o cerámicos. Estos compuestos son muy cristalinos y presentan un gran orden a larga distancia. Este no suele ser el caso de la mayoría de los materiales poliméricos donde el orden principal es en el Trauma empaquetamiento entre cadenas poliméricas. En el caso del comportamiento térmico hay que distinguir tres temperaturas, la de fusión, la de descomposición y la de transición vítrea.⁶

9.3 Propiedades Mecánicas:

Los materiales seleccionados como implantes deben poseer unas propiedades mecánicas adecuadas como son la rigidez, porosidad, interconectividad y tamaño de poros, superficie específica, permeabilidad y rugosidad del sustrato. Las características de la superficie del implante: rugosidad, grado de pulido, porosidad, potencial eléctrico, humectación y comportamiento hidrofóbico o hidrófilo, son factores decisivos que

⁶ (Mafre, 2009)

afectan su compatibilidad y determinarán la interacción del implante con las células adyacentes y su capacidad de colonizar su superficie.

La rigidez de un implante indica la mayor o menor deformación que experimenta ante la aplicación de cargas y se determina mediante el módulo de elasticidad. La rigidez mecánica, puede afectar a procesos de locomoción celular, morfología, adhesión celular e incluso a la expresión de ciertas proteínas del citoesqueleto. La tensión que la célula es capaz de establecer depende de las propiedades inherentes de la matriz; una matriz relativamente rígida soportará una fuerza celular mayor que otra más blanda, favoreciendo que la célula se extienda sobre su periferia.

No todos los tipos celulares parecen ser sensibles a la rigidez del sustrato, y no todos los tipos celulares mecano-sensitivos responden de forma similar a los cambios en la rigidez del sustrato. Muchas células estudiadas se extienden, se adhieren y sobreviven mejor en matrices rígidas, mientras en otros casos lo hacen sobre matrices blandas.

Estas características influyen tanto sobre las propiedades mecánicas del andamiaje como en su funcionalidad biológica. Una elevada porosidad y superficie específica son indispensables para la uniformidad del crecimiento celular y para conseguir una adherencia adecuada de los tejidos neoformados. Una alta porosidad facilita la acomodación de muchas células, así como la presencia de poros interconectados facilita la distribución uniforme de las células y la difusión de oxígeno y nutrientes. Sin embargo, una matriz con porosidad elevada también posee una resistencia mecánica muy baja. Por ello es necesario encontrar un equilibrio entre difusión en el interior de la matriz y las propiedades mecánicas del mismo.

Por otro lado, una de las características que determina la biocompatibilidad de un sustrato es su grado de hidrofilia o hidrofobia que se determina por medidas del ángulo de contacto. El ángulo de contacto a menudo se toma como parámetro indicativo de la humectabilidad de la superficie de un material y correlaciona los fenómenos de interacción que ocurren con el medio biológico. Diversos estudios sobre la proliferación celular en biomateriales poliméricos (PLA o ácido poliláctico; PGA o ácido poliglicólico y PLGA o ácido poliláctico-glicólico) demostraron que se produce una mayor adhesión celular cuando la hidrofilia era moderada o ligeramente hidrofóbica.

Por otro lado, el acabado final y la textura de una superficie también influyen para definir la capacidad de desgaste, resistencia a la fatiga y aspecto externo de un material, por lo que la rugosidad es un factor importante a tener en cuenta en la adhesión, proliferación y diferenciación celular. Para evaluar las diferencias de rugosidad se emplean, entre otras, técnicas como la microscopía electrónica de barrido y la microscopía óptica.⁷

9.4 Uso combinado de células troncales

Recientemente se han realizado numerosos estudios enfocados al uso combinado de células sobre biomateriales con fines regenerativos. Las células troncales o células madre son aquellas células dotadas simultáneamente de la capacidad de autorrenovación (es decir, producir nuevas células troncales) y de originar líneas celulares diferentes (capacidad potencial de dar lugar a unos 220 tipos celulares diferentes, los cuales constituyen el cuerpo humano). Aunque es aún objeto de estudio y discusión, las características que debe cumplir una célula troncal para ser utilizada en terapias celulares son:

⁷ (Mafre, 2009)

- a) Ser pluripotente, es decir, generar cualquier tipo de célula que constituya parte del organismo adulto.
- b) Tener capacidad de proliferar, es decir, de autorrenovarse de forma indefinida.
- c) Poseer un fenotipo estable, bien caracterizado desde el punto de vista molecular.
- d) Carecer de potencial tumorigénico.
- e) Ser susceptible de manipulación genética, para permitir modificaciones genómicas precisas incluyendo la introducción de genes terapéuticos.

10 CLASIFICACIÓN DE BIOMATERIALES SEGÚN SUS PROPIEDADES Y APLICACIONES MÉDICAS

10.1 CERÁMICOS

Los biocerámicos son compuestos químicos complejos que contienen elementos metálicos y no metálicos. Debido a sus enlaces iónicos o covalentes, son generalmente, duros y frágiles. Además de tener un alto punto de fusión y una baja conductividad térmica y eléctrica, los cerámicos se consideran resistentes al desgaste. Entre los principales biocerámicos encontramos la alúmina, zirconia, hidroxiapatita, porcelanas, vidrios bioactivos.⁸

11 CARACTERÍSTICAS SEGÚN EL TIPO DE RESPUESTA EN EL TEJIDO

- a) **Bioinertes:** No reaccionan apreciablemente con el medio al ser implantada.
- b) **Bioactivas:** Se unen directamente al hueso sin formar conexión de tejidos con el medio.

⁸ (Cahuapaza, 2011)

- c) **Biodegradable o reabsorbible:** al ser implantados se disuelven con el tiempo y son reemplazados gradualmente por el tejido natural.

11.1 SEGÚN LA APLICACIÓN

- a) **Estructurales:** Son biocerámicos de elevadas resistencia mecánica y generalmente Bioinertes.
- b) **No estructurales:** Son generalmente biocerámicas bioactivas o reabsorbibles, densas o porosas, con baja resistencia mecánica, ya que no tienen que soportar grandes cargas.

11.1.1 VENTAJAS

- a) Buena compatibilidad con el sistema musculoesquelético. Similitud con propiedades físicas del hueso
- b) Resistencia a la corrosión.
- c) Inertes a los tejidos.
- d) Adherencia a los tejidos.
- e) Alta resistencia a la compresión y al desgaste.

11.1.2 DESVENTAJAS

- a) Baja resistencia a la tensión, corte e impacto.
- b) Falta de elasticidad.
- c) Alta densidad.
- d) Baja resistencia mecánica.
- e) Alto costo

12 APLICACIONES MÉDICAS DE LOS BIOCERÁMICOS

Las cerámicas con aplicaciones médicas constituyen un interesante campo de investigación y desarrollo para la fabricación y/o fijación de implantes. Las cerámicas permiten recambiar muchas piezas del cuerpo humano, aunque sus aplicaciones hoy en día están centradas en la fabricación de dispositivos que no deban soportar cargas, como es el caso de la cirugía del oído medio, en el relleno de defectos óseos tanto en cirugía bucal como en cirugía ortopédica y en el recubrimiento de implantes dentales y articulaciones metálicas; pero su futuro como biomaterial es mucho más ambicioso ya que presentan determinadas propiedades que son difíciles de imitar con otros materiales.

Las cerámicas inertes más frecuentemente empleadas son la alúmina (Al_2O_3), la zirconia (ZrO_2) y nitruro de silicio (Si_3N_4). Estos tres materiales tienen la característica de que presentan una alta resistencia a la compresión, una excelente resistencia al desgaste y una inercia química casi total.

La alúmina es la cerámica bioinerte más utilizada debido a su dureza y a que adecuadamente pulida presenta un bajo desgaste se la emplea para fabricar la cabeza del fémur en los reemplazos totales de cadera.

La zirconia también es empleada como esfera articular en reemplazos totales de cadera. Es, fundamentalmente, ZrO_2 con el agregado de algún óxido metálico tal como el óxido de magnesio (MgO). La ventaja potencial de la zirconia en prótesis bajo cargas es su alta resistencia mecánica y su buena tenacidad, comparada con otras cerámicas. Los huesecillos del oído medio se sustituyen casi siempre con prótesis cerámicas que son más ligeras que las metálicas, lo cual es importante para la transmisión del sonido, ya que deben vibrar con las ondas sonoras.

El exponente más importante de esta familia de cerámicas está dado por la hidroxiapatita (HA), que es el componente fundamental (pero no el único) de los huesos vivos, ya que el hueso natural es un material compuesto que contiene aproximadamente 80% de hidroxiapatita (que le proveen dureza) y 20% de fibras colágenas (que le proveen flexibilidad). Este material tiene pobres propiedades mecánicas y se lo emplea para aplicaciones que no deben soportar cargas, como por ejemplo, en recubrimientos de acero inoxidable, titanio o aleaciones de cobalto-cromo en implantes óseos y dentales y para reconstrucciones maxilofaciales.

La hidroxiapatita natural, obtenida a partir de corales, también tiene aplicación en la fabricación de prótesis oculares, en las cuales los músculos del ojo se unen, directamente, al implante permitiendo el movimiento de la órbita ocular del mismo modo que lo haría un ojo natural. Otro grupo de materiales bioactivos son los denominados vidrios bioactivos, las aplicaciones clínicas de los vidrios bioactivos y los vidrios cerámicos incluyen la cirugía y reemplazo del oído medio, cirugía vertebral y en el mantenimiento de las crestas óseas, como así también en la reparación de defectos dentales.⁹

⁹ (Duffo, 2011)

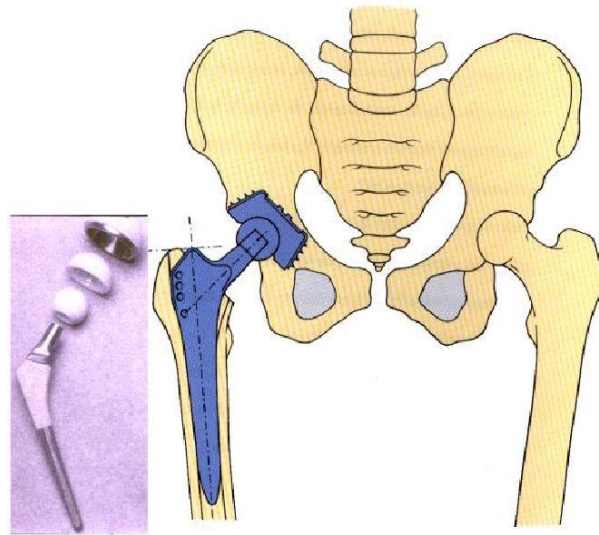


Ilustración 1. (Artroplastia de cadera intervenida por un material cerámico)
Biomateriales.pdf

13 BIOMATERIALES METALICOS

Los metales fueron los primeros materiales que revolucionaron el modo de vida de la humanidad, acompañándola, virtualmente, desde el inicio de su existencia. Los metales, en su estado natural, son relativamente blandos; es decir, muy fáciles de deformar. Sin embargo, por medio de diversos tratamientos puede conseguirse que aumenten su dureza. También pueden fabricarse aleaciones, que son mezclas de distintos metales y que originan materiales más duros que sus componentes originales.

Los metales y aleaciones se emplean, básicamente, como componentes estructurales, a fin de reemplazar determinadas partes del cuerpo humano. De forma más precisa, puede afirmarse que los materiales metálicos son imprescindibles, hoy por hoy, para aquellas aplicaciones clínicas

que requieran soportar carga y eso es debido a dos razones básicas, sus propiedades mecánicas y su resistencia a la corrosión en el organismo humano.¹⁰

14 CARACTERÍSTICAS DE FUNCIÓN DE LOS BIOMETALES

Biofuncionalidad: la capacidad de desempeñar la función para la que fue creado.

- a) Propiedades mecánicas de acuerdo a su utilidad y el tiempo de vida.
- b) Flexibilidad, dureza, resistencia a la fatiga.
- c) Densidad y peso adecuados.
- d) Diseño adecuado y adaptabilidad a los sistemas.

Bioactividad:

- a) Fácil integración con moléculas biológicas.
- b) Aplicaciones en regeneración de tejido.
- c) Capacidad de responder a señales provenientes del medio induciendo una respuesta específica del tejido biológico al que ha sido aplicado.

14.1 VENTAJAS

Resistencia a esfuerzos de alto impacto, alta resistencia al desgaste.

14.2 DESVENTAJAS

Baja biocompatibilidad, corrosión en algunos medios fisiológicos, pérdida de propiedades mecánicas con tejidos conectivos.

¹⁰ (Duffo, 2011)

15 APLICACIONES EN MEDICINA

En efecto, los metales y las aleaciones encuentran múltiples aplicaciones en ortopedia, especialmente como materiales estructurales en dispositivos para la fijación de fracturas y en sustitución total o parcial de articulaciones; pero también para la fabricación de instrumental. En el ámbito de la odontología se emplean para aplicaciones en ortodoncia para prevenir el desplazamiento de la dentadura, en la construcción de puentes dentales y coronas y en la realización de implantes y prótesis.

También suelen emplearse en cirugía para prótesis vasculares y en válvulas cardíacas e injertos vasculares, y en algunos casos como hilo de suturas en cirugía.

Los materiales metálicos más utilizados en la actualidad para la fabricación de implantes son los aceros inoxidable, las aleaciones cobalto-cromo y el titanio puro o aleado con otros metales.

Las aleaciones metálicas usadas en restauraciones, prótesis e implantes dentales se dividen en dos grupos: las que contienen metales nobles o preciosos que incluyen al oro, platino, paladio; y las de metales no preciosos, como las aleaciones base plata, níquel, cobalto, cobre, hierro y titanio.

Uno de los requisitos que se les exige a estos materiales es su alta resistencia a la corrosión debido a la agresividad del medio con el cual van a interactuar: saliva y fluidos óseos. Otra de las condiciones es su compatibilidad con la dureza y/o suavidad de los tejidos dentarios de modo de no dar lugar a reacciones adversas.

Las aleaciones base cobalto son usadas para fabricar dentaduras parciales removibles e implantes quirúrgicos (en forma de raíz, tornillo, lámina y subperiosteos). Los elementos agregados a estas aleaciones para fines dentales son cromo, molibdeno, níquel, silicio, tungsteno, manganeso y hierro. Las aleaciones base cobre se utilizan para fabricar coronas y puentes. Éstas

contienen hasta un 87% de cobre y se lo alea con aluminio, cinc, níquel, hierro, cobalto y manganeso. Las amalgamas son aleaciones de mercurio con uno o más metales como plata, estaño y cobre. Son empleadas para restauraciones dentales por caries.¹¹



Ilustración 2. (Implante dental con tornillo Metálico)
www.biomaterialesaplicadosenlamedicina.pdf

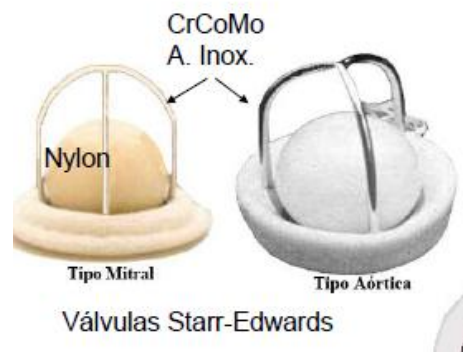


Ilustración 3. (Aleación de cromo en válvula cardiaca)
www.biomaterialesaplicadosenlamedicina.pdf.

¹¹ (Duffo, 2011)

16 BIOPOLIMEROS

Los polímeros sintéticos son materiales orgánicos que se obtienen a partir del petróleo y se caracterizan por su poca resistencia a la temperatura. Los polímeros son mucho más blandos que los metales y, en cuanto a su conductividad térmica, son mejores aislantes que las cerámicas. Tanto sus propiedades de aislamiento eléctrico como de aislamiento térmico están limitadas por su poca resistencia a la temperatura. A bajas temperaturas el mejor aislante será un polímero, pero a altas temperaturas, las cerámicas siempre serán la mejor opción.

Pueden ser tanto naturales como sintéticos y, en cualquier caso, se pueden encontrar formulaciones bioestables (con carácter permanente y particularmente útiles para sustituir de forma parcial o total tejidos u órganos lesionados o destruidos) o biodegradables.

Los polímeros en medicina se caracterizan por altos niveles de asepsia, resistencia química y radiológica, y muchas otras propiedades no alcanzables por otros materiales. Se aplican a instrumentos y accesorios médicos reutilizables o de un solo uso, en material quirúrgico, a prótesis, a trasplantes, liberación controlada de fármacos. Según su aplicación, deben cumplir con las más variadas exigencias: alta resistencia mecánica para soportar esfuerzos en una prótesis; relativa flexibilidad, tratándose de una articulación, alta tenacidad, resistencia al desgaste y a la fatiga en implantes permanentes; ser absorbibles por el organismo en suturas o liberadores de fármacos.¹²

17 CARACTERÍSTICAS DE LOS BIOPOLIMEROS

- a) **Resistencia y estabilidad a los agentes químicos:** Por su uso médico pueden estar expuestos a sustancias químicas o agentes fisiológicos de origen animal.

¹² (Infante Blanco Rebeca, 2011)

- b) **Excelente comportamiento en contacto con sustancias biológicas:** Debido a las reacciones que se producen en los tejidos humanos ante la presencia de cualquier cuerpo extraño especialmente en el sistema celular e inmunológico.
- c) **Resistencia al calor a niveles de esterilización:** Algunos polímeros deben ser esterilizados a altas temperaturas como es el caso del policarbonato.

17.1 COMPORTAMIENTO HIDROFÓBICO

Debe rechazar el agua no absorberla y mucho menos deformarse o descomponerse en presencia de agua.

Los polímeros se dividen en tres grandes grupos:

- a) **Polímeros naturales:** provenientes directamente del reino vegetal, son complejos y heterogéneos animal. Por ejemplo: celulosa, almidón, proteínas, el colágeno purificado.
- b) **Polímeros artificiales:** son el resultado de modificaciones mediante procesos químicos de ciertos polímeros naturales. Por ejemplo: nitrocelulosa.
- c) **Polímeros sintéticos:** Pueden ser metales, cerámicas o polímeros y comúnmente se denominan materiales biomédicos, se obtienen por procesos de polimerización controlados por el hombre a partir de materias primas de bajo peso molecular. Ejemplo: nylon, polietileno, y cloruro de polivinilo.

En el caso particular de los biomateriales poliméricos, se puede hacer una clasificación más específica de acuerdo a su funcionalidad cuando se aplican como implantes quirúrgicos.

En un primer grupo se incluyen todos aquellos implantes que deben tener un carácter permanente, como son los sistemas o dispositivos utilizados para sustituir parcial o totalmente a tejidos u órganos destruidos como consecuencia de una enfermedad o trauma.

Un segundo grupo, incluyen los biomateriales degradables de aplicación temporal, es decir, aquellos que deben mantener una funcionalidad adecuada durante un periodo de tiempo limitado, ya que el organismo humano puede desarrollar mecanismos de curación y regeneración tisular para reparar la zona o el tejido afectado.¹³

18 APLICACIONES MÉDICAS DE LOS BIOPOLIMEROS

- a) **Equipos o instrumentos quirúrgicos:** En este grupo se incluyen por los termoplásticos y termoestables convencionales que se pueden encontrar en diversas aplicaciones de la vida diaria. Se refiere a los materiales con los que se elaboran inyectoras, bolsas para suero o sangre, mangueras o tubos flexibles, adhesivos, pinzas, cintas elásticas, hilos de sutura, vendas, entre otros. Los materiales más usados son aquellos de origen sintético y que no son biodegradables, como polietileno, polipropileno, poli cloruro de vinilo, polimetilmetacrilato, policarbonato.
- b) **Aplicaciones permanentes dentro del organismo:** Deben ser materiales diseñados para mantener sus propiedades en largos períodos de tiempo, por lo que se necesita que sean inertes, y debido a que su aplicación es dentro del organismo, deben ser biocompatibles, no tóxicos para disminuir el posible rechazo. Las aplicaciones más importantes son las prótesis o implantes ortopédicos, elementos de fijación como cementos óseos, membranas y componentes de órganos artificiales, entre otros. Entre los materiales más utilizados se encuentran: polímeros fluorados como el *teflón*, *poliamidas*, *elastómeros*, *siliconas*, *poliésteres*, *policarbonatos*.

¹³ (Blanco, 2011)

c) **Aplicaciones temporales dentro del organismo:** Consisten en materiales biodegradables o bioabsorbibles para que la aplicación en el organismo pase de ser permanente a temporal. Entre las aplicaciones temporales dentro del organismo hay que destacar también los sistemas de liberación de fármacos. Los polímeros son esenciales para todos los nuevos sistemas de liberación desarrollados. Finalmente, otra aplicación temporal importante es la de matrices en ingeniería de tejidos. Los polímeros, particularmente los biodegradables, se emplean en el campo de la ingeniería de tejidos como andamiajes temporales en los que las células pueden crecer y formar tejidos.

19 BIOMATERIALES CERÁMICOS APLICADOS EN CIRUGÍA DE SISTEMA ÓSEO

19.1 BIOCERÁMICOS INERTES

19.1.1 ALÚMINA

Es el óxido de aluminio (Al_2O_3) es el componente más importante en la constitución de las arcillas y los esmaltes, por su alta resistencia al desgaste y su temperatura de maduración. Se utiliza con alta densidad y pureza a tamaño medio grano $\sim 4\mu\text{m}$.

Tiene la particularidad de ser más duro que el aluminio y el punto de fusión de la alúmina son $2072\text{ }^\circ\text{C}$ ($2345,15\text{ K}$) frente a los $660\text{ }^\circ\text{C}$ ($933,15\text{ K}$) del aluminio, por lo que su soldadura debe hacerse a corriente alterna. El óxido de aluminio existe en la naturaleza en forma de corindón y de esmeril.

19.1.2 USOS Y APLICACIONES

- a) Cabeza de fémur en implantes de cadera (policristalino).
- b) Implantes dentales (monocristalino).
- c) Tornillos en reconstrucciones maxilofaciales.

Nombre (IUPAC) sistemático: Óxido aluminio					
General					
Fórmula molecular			Al ₂ O ₃		
General		Identificadores		Propiedades físicas	
Fórmula molecular	Al ₂ O ₃	Número CAS	1344-28-11	Estado de agregación	sólido
		ChemSpider	8164808	Densidad	3960 kg/m ³ 3,96g/cm ³
		PubChem	9989226	Masa molar	101,96 g/mol
				Punto de fusión	2345 K (2072 °C)
				Punto de ebullición	3250 K (2977 °C)
				Índice de refracción	n _ω =1,768–1,772
					n _ε =1,760–1,763
					Birrefringencia 0.008

Tabla 1. Propiedades Físicas de la Alúmina

<http://fisica.uh.cu/biblioteca/revcubfi/1998/Vol.15,%20No.1/15001059.pdf>

19.1.3 ZIRCONIA

El uso de las cerámicas de zirconia como biomaterial radica en su alta estabilidad química y dimensional, su excelente resistencia mecánica y tenacidad a la fractura y el valor del módulo de Young del mismo orden de magnitud que las aleaciones de acero inoxidable. Las cerámicas de zirconia superan la limitación que presentaba las cerámicas de alúmina en lo que se refiere a la tenacidad y a la resistencia a la flexión. La zirconia tetragonal policristalina (TZP) posee una microestructura de grano fino, la cual, no es estable, pero la adición de pequeñas cantidades de óxidos estabilizantes tales como Y_2O_3 ó MgO , en tal caso hablamos de Y-TZP ó Mg-TZP, estabilizan la zirconia tetragonal policristalina.

El par zirconia/UHMWPE tiene mejor comportamiento que el par alúmina/UHMWPE (menor coeficiente de fricción y por lo tanto, menor cantidad de partículas que van al medio fisiológico). Sus propiedades mecánicas son muy dependientes del proceso de sinterizado. Debe encontrarse un equilibrio entre densidad y tamaño de grano.¹⁴

19.1.4 USOS DE LA ZIRCONIA

La aplicación biomédica más importante de los materiales de Zirconia ha sido la fabricación de cabezas femorales. En Odontología se usa el Zirconio en forma de Oxido de Zirconio o Zirconia para realizar prótesis totalmente cerámicas.

¹⁴ (R Sastre, 2000)

Nombre (IUPAC) sistemático: Óxido de zirconio (IV)					
General					
Otros Nombres			Zirconia		
General		Identificadores		Propiedades físicas	
Fórmula molecular	ZrO ₂	Número CAS	1314-23-41	Estado de agregación	sólido
				Apariencia	Polvo blanco, Transparente
				Densidad	5680 kg/m ³ ; 5.68 g/cm ³
				Masa molar	123.218 g/mol
				Punto de fusión	2988 K (2715 °C)
				Punto de ebullición	4573 K (4300 °C)
				Índice de refracción	2.13
Propiedades Químicas					
				Solubilidad en metanol	HF, y HSO ₄ , HNO ₃ , HCl caliente

Tabla 2. Propiedades de la Zirconia.

<http://fisica.uh.cu/biblioteca/revcubfi/1998/Vol.15,%20No.1/15001059.pdf>

20 BIOCERAMICAS ACTIVOS

20.1 HIDROXIAPATITA (HAP):

El mineral hidroxapatita, también llamado hidroxapatito, está formado por fosfato de calcio cristalino ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$) y representa un depósito del 99% del calcio corporal y 80% del fósforo total. El hueso desmineralizado es conocido como ósteoide. Constituye alrededor del 60-70% del peso seco del tejido óseo, haciéndolo muy resistente a la compresión. El esmalte que cubre los dientes contiene el mineral hidroxapatita. Es un mineral, muy poco soluble, se disuelve en ácidos, porque tanto el PO_4^{3-} como el OH^- reaccionan con H^+ . Hoy día se emplea como tal en muchos implantes prostéticos en forma de un film delgado que recubre las prótesis, se ha extendido el uso totalmente en las prótesis de cadera. El hidroxapatito se considera una biocerámica bioactiva reabsorbible.¹⁵

La biocompatibilidad de la hidroxapatita sintética ha sido sugerida no solo por su composición sino por los resultados obtenidos en su implantación in vivo, los cuales han demostrado ausencia de toxicidad local o sistémica, no provocando inflamación o respuesta a cuerpo extraño. La hidroxapatita sintética se puede preparar en las siguientes formas:

- a) Vía húmeda
- b) Vía seca (reacción en estado sólido)
- c) Hidrólisis
- d) Proceso hidrotérmico
- e) Síntesis sol-gel

¹⁵ (Finlay, 2005)

Nombre (IUPAC) sistemático: Apatito-(CaOH) ₁₂₃			
General			
Otros Nombres		Hidroxiapatita	
General		Propiedades físicas	
Fórmula molecular	Ca ₅ (PO ₄) ₃ (OH)	Color	Blanco, gris, amarillo, verde, violeta, púrpura, rojo o marrón
Categoría	Minerales fosfatos	Raya	Blanca
Clase	8.BN.05 (Strunz)	Densidad	3,16 g/cm ³
		Lustre	Vítreo
		Transparencia	Transparente a translúcido
		Hábito cristalino	Cristales prismáticos hexagonales
		Sistema Cristalino	Hexagonal, dipiramidal
		Dureza	5 (Mohs)
		Tenacidad	Quebradiza
Propiedades Químicas			
		Solubilidad	Soluble en HCl

Tabla 3. Propiedades del Hidroxiapatita
<http://fisica.uh.cu/biblioteca/revcubfi/1998/Vol.15,%20No.1/15001059.pdf>

20.1.1 USOS DE LA HIDROXAPATITA

- a) Recubrimientos de aceros inoxidable para crecimiento de tejido óseo
- b) Reconstrucción de Huesos maxilofaciales
- c) Cabeza de fémur

20.2 COMPUESTOS

Los materiales compuestos (composites en inglés), contienen 2 o más materiales constituyentes diferentes o fases, que son capaces de actuar de manera sinérgica para dar propiedades superiores a las establecidas por cada componente por separado. Cada constituyente del material compuesto debe ser biocompatible, y la interface entre los constituyentes no debe ser degradada una vez incorporada al paciente por su organismo. Las propiedades del material van a depender de las propiedades de los constituyentes del material compuesto. Si se usan dos cerámicas inertes, que suelen ser muy resistentes, se obtiene un material más resistente que los materiales de partida. Ejemplo: $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{ZrO}_2$, cuya estructura de la alúmina es del corindón. Si se quiere un material resistente a la vez que tenga propiedades bioactivas, se tiene los materiales compuestos.

HAP/alúmina, entre otros. Para terminar, si se mezclan dos materiales con propiedades bioactivas, el biomaterial resultante combinará las propiedades fisicoquímicas de ambos. El ejemplo: HAP/TCP/colágeno: Se trata de una cerámica bifásica (cuyas dos fases son: el hidroxiapatito y el fosfato de calcio) y colágeno (un polímero natural hecho de aminoácidos, es decir, una proteína). El colágeno es la matriz que contiene a la cerámica (igual que ocurre en los huesos naturales).¹⁶

¹⁶ (Ravaglioli & Krajewski, 2000)

21 BIOCERÁMICOS BIOABSORBIBLES

Se degradan químicamente en el medio biológico y son reabsorbidos. Los componentes químicos que los constituyen deben poder ser eliminados por el metabolismo sin producir efectos nocivos, además deben controlar la velocidad de disolución por la composición y el área de la superficie. Los más utilizados en ortopedia son los Fosfatos cálcicos como el fosfato tri-cálcico $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ Fue usado como biocerámica en los años 20 y hoy día solo se usa combinado con HAP. Ambos compuestos tienen estructura cristalina hexagonal y su relación Ca/P no es muy diferente. Se considera una biocerámica bioactiva porque se vio que, igual que la HAP, produce osteogénesis.

21.1 USOS DEL BIOMATERIAL

- a) Reparaciones de Huesos

21.2 BIOVIDRIOS

- a) SiO_2 , Na_2O , CaO y P_2O_5 , relativamente bajos en SiO_2 .
- b) proporción alta de calcio a fósforo promueve la formación de cristales de apatita
- c) Biovidrios tienen formulaciones diferentes. Algunos se unen a los tejidos blandos y huesos (por ejemplo, 45S5), algunos sólo a los huesos (por ejemplo, 5S4.3 o Ceravital), algunos no forman enlaces con el hueso y otros son totalmente reabsorbidos.

Biovidrio	SiO ₂	CaO	Na ₂ O	P ₂ O ₅	B ₂ O ₃	F ₂ Ca	K ₂ O
45S5	45	24,5	24,5	6,0			
45S5F	43	12	23	6,0		16	
45B15S5	30	24,5	24,50	6,0	15		
45B5S5	40	24,5	24,5	6,0	5		
KCP1	45	24,5		6,0			24,5
45S5-N	50	24,5	19,5	6,0			
45S5-C	50	19,5	24,5	6,0			

Tabla 4. Composiciones en % en peso de algunos Biovidrios

21.3 VITROCERÁMICOS

Se obtienen a partir de tratamiento térmico de los vidrios. Fase vítrea y fase cristalina. Mejores propiedades que los vidrios y más fáciles de procesar que los cristalinos. Hay dos vitrocerámicos que se han desarrollado mucho como biomateriales: Bioglass® y Ceravital®. El uso de éstos se debe más a sus propiedades químicas que físicas: tienen una baja expansión térmica, pero sus propiedades mecánicas son inferiores a las que proporciona la alúmina u otras cerámicas Bioinertes.

La reactividad química de las vitrocerámicos las hace bioactivas con tejidos blandos y duros si se selecciona apropiadamente la composición de estas cerámicas. De este modo, se pueden dividir en dos categorías (A y B) con respecto a su Bioactividad.

Al grupo A pertenecen las vitrocerámicos que una vez incorporadas en el paciente ayudan al proceso de regeneración ósea llamado osteoinducción (el papel de este grupo es el de ayudar como matriz a la reabsorción de los osteoclastos alrededor suyo, haciendo que el hueso se regenere donde se incorpora esta cerámica). Al grupo B pertenecen las vitrocerámicas que

ayudan en la osteoconducción (que se diferencia de la anterior en que el proceso es más lento y prolongado, y las células óseas no crean hueso nuevo alrededor, sino que sustituyen el material por hueso nuevo). Debido a estas propiedades químicas, que se dan en la superficie del biomaterial (en la interface biomaterial-tejido) se usan como prótesis dentales y ortopédicas.¹⁷

Cerámicos inertes Densos o porosos No interaccionan con el tejido	Cerámicos no osteoconductivos Cápsula fibrosa (observable por microscopio óptico)	Materiales carbonosos cristalinos, alúmina
	Cerámicos osteoconductivos Cápsula fibrosa (observable sólo por microscopio electrónico)	Titanio, zirconio, HA-zirconio
Cerámicos bioactivos Densos, pero en forma particulada. A menor tamaño de partícula se van volviendo reabsorbibles (forman un enlace químico con el hueso)		Biovidrios, biovitrocerámica
Cerámicos reabsorbibles (son sustituidos por el tejido)		Yeso de París, β -TCP, fosfato monocálcico

Tabla 5. Clasificación de los biocerámicos en relación con la respuesta tisular

22 BIOCERÁMICOS COMERCIALES

Los productos comerciales pueden ser agrupados en materiales biocerámicos, y vidrios y vitrocerámicos bioactivos *Fosfato tricálcico (TCP)* Este biomaterial, de fórmula química $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, es el representante más importante de los biocerámicos sintéticos para relleno óseo. Tiene una relación de peso atómico Ca/P de 1,51, mientras que el de la hidroxiapatita es de 1,67, por lo cual tienen una integración biológica diferente, ampliamente descrita en párrafos anteriores.

El TCP se obtiene por síntesis química y presenta dos fases: la α , que es estable a alta temperatura (1300- 1400°C), y la β , estable a temperatura ambiente. La fase α es un componente

¹⁷ (R Sastre, 2000)

básico en la formulación de los cementos de fosfato de calcio que fraguan en medio fisiológico cuando se los mezcla con soluciones ácidas.

Estos cementos sustituyen a los de sulfato de calcio y se emplean para el relleno de fisuras en traumatología, cirugía maxilofacial y neurocirugía; además, cuentan con la característica de transformarse, una vez fraguados, en hidroxiapatita en el medio fisiológico. La fase β es biodegradable por una combinación de disolución fisicoquímica y fragmentación, que implica la sustitución paulatina del material por tejido óseo. Esta fase suele presentarse en forma de granos porosos, que se absorben a mayor velocidad que la hidroxiapatita debido a su alta solubilidad en el medio fisiológico. Se emplean en odontología y traumatología como materiales de sustitución. Los productos comerciales más representativos son: BIO-OSTETIC Mt, PRO-OSTEON®, CHRONOS®, CEROS®, CERASORB®, VITOSS®, ODONTIT®-BCTP 300/1000.¹⁸

¹⁸ (Cristian Alexis Martinez)

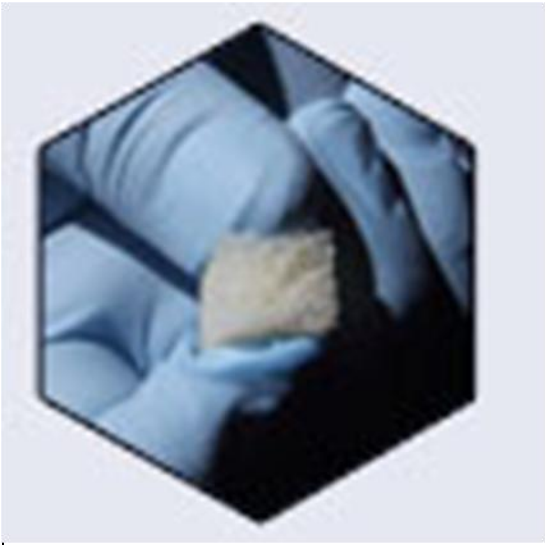
Bio-ostetic^{MT}	
	Relleno óseo de absorción lenta
	Formado por el 40 % fosfato tricalcio, tcp, 60% de hidroxiapatita, con una composición similar al hueso humano, mejorando la regeneración ósea
	El material tiene Osteo-conductividad optima
	La estructura esponjosa de los granos es interconectada, garantizando el crecimiento óseo total.
	100% reabsorbible y efectivo
	Esterilizado irradiación gamma
	Radio – opaco
Aplicaciones	Relleno de efectos en revisiones totales de cadera. Fusión vertebral. Cirugía de manos y pies. Reparación de fracturas. Reconstrucciones articulares

Tabla 6. Características de Función Bio-ostetic

<http://www.hydroxyapatite.com/img/Bi-Ostetic.pdf>

22.1 HIDROXIAPATITA COMERCIAL

La hidroxiapatita presente en la matriz mineralizada del hueso (carbonatada) y que se utiliza como relleno óseo tiene una estructura y composición química próximas a la hidroxiapatita cristalina de fórmula $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$. Puede ser natural o sintética; la primera es producida por calcinación de hueso bovino (Bio-Oss®) o equino (Bio-Gen®), por transformación hidrotérmica de carbonatos de calcio de corales (HAP-200®) o ficógena (Algipore®). La hidroxiapatita natural y la sintética comercialmente disponibles deben satisfacer la condición de no tener contaminación de metales pesados (menor de 50 ppm del contenido total de Pb, As, Hg,

Se) y de que su cristalinidad sea mayor de 95%.²¹ Los productos comerciales más usados son ENDOBON®, CERABONE®, ALGIPORE®, OSTIM®, ORTHOSS® y BIO-OSS®.


PRO-OSTEON®	
	Reabsorbible, osteoconductor y está formado por una matriz de carbonato de calcio e hidroxiapatita con porosidad interconectada de 200 micrones.
	Tiene una reabsorción lenta del orden de los 6 meses y es reemplazada por hueso
	Tiene granos de 0.5-1 mm conveniente para el relleno de efectos óseos pequeños.
	Presenta la composición y arquitectura química similares al hueso vío-cortical.

Tabla 7. Características de función Pro-osteon
www.biomet.com/spine/products.cfm?...prodid.

23 VIDRIOS Y VITROCERÁMICOS BIOACTIVOS

La interacción con el organismo se realiza por medio de la formación de una capa biológicamente activa de hidroxiapatita en su superficie, que permite establecer la unión con el tejido óseo. Estos materiales se denominan de tercera generación en ingeniería de tejidos. Se comercializan dos formas de cristales bioactivos: PerioGlas® y Biogran®, formados por partículas de Bioglass® (45% SiO₂, 24,5% Na₂O, 24,5% CaO y 6% P₂O₅ molar) de diferente

tamaño. PerioGlas® tiene un rango de tamaño de partícula de 90 a 710 μm y Biogran®, de 300 a 355 μm .¹⁹



Ilustración 4. Vitrocerámico Comercial

www.google.com.co/webhp?sourceid=chrome-nstant&rlz=1C1AVSX_enCO569CO569&ion=1&espv=2&ie=UTF-8

¹⁹ (Cristian Alexis Martinez)

Detalles del producto		Información de la compañía	
Tema	Perioglas sintético de injerto óseo de material		
Empresa	NovaBone Productos, LLC		
Precio	Pregunte		
Número de catálogo	NA0220 / NA0260		
Cantidad	2 tazas de 0,5 cc (0,5 ml) PerioGlas 6 Copas de 0,5 cc (0,5 ml) PerioGlas		
Composición	Calcio Fósforo Sodio Silicio		
Indicaciones de uso	periodontal Regeneración Ósea Extracción Terapia Socket sinusal Elevación Cirugías Aumento de la Cresta Cirugías Quistes / apicectomías GTR / GBR Cirugías Peri implantitis-Tratamiento		
Carrier	solución salina estéril de sangre del paciente		

Tabla 8. Características de función Vitrocerámicos PerioGlas

www.google.com.co/webhp?sourceid=chrome-instant&rlz=1C1AVSX_enCO569CO569&ion=1&espv=2&ie=UTF-8

24 ESTADO ACTUAL DE LOS BIOMATERIALES Y PERSPECTIVAS FUTURAS

La cirugía traumatológica ortopédica requiere el uso frecuente de materiales de relleno para contribuir a los procesos reparativos de las lesiones musculoesqueléticas. Aunque En la actualidad, el injerto autólogo continúa siendo el procedimiento de referencia (*gold standard*); sin embargo, los sustitutos óseos son una alternativa terapéutica que evita un procedimiento quirúrgico adicional.

Esto se sustenta en la mejora sostenida de las propiedades bioquímicas y mecánicas que dan lugar a resultados clínicos satisfactorios. Los materiales utilizados como sustitutos óseos son de naturaleza cerámica (p. ej., hidroxiapatita, β -fosfato tricálcico), ya que su composición química es similar a las sales de calcio de la matriz mineralizada del hueso, pueden emplearse de forma individual o combinados con moléculas orgánicas (colágeno, quitina, ácidos poliláctico o poliglicólico, caprolactona, etc.), dando origen a los biocomposites, esto es, materiales de estructura compuesta.

Los trabajos de investigación a nivel mundial están centrados en el desarrollo de andamios bioactivos, osteoconductores y sustancias osteoinductoras capaces de estimular las células osteoprogenitoras en el sitio de la lesión, característica de los biocomposites cerámico-proteína.

No existe ningún biomaterial que no genere una respuesta inflamatoria inicial; sin embargo, el tipo de comportamiento del biocerámico queda definido por la forma como este evoluciona.

Las reactividades químicas relativas en un medio biológico de los biocerámicos se establecen en función del tiempo transcurrido desde que el material entra en contacto con el tejido. Las variables elegidas para determinar la reactividad química son la velocidad de liberación de productos de disolución iónica y el cambio de pH en el medio. Así, por ejemplo, el β -TCP muestra una rápida disolución con una elevada liberación de iones, lo que representa, a su vez, un marcado cambio de pH, que da como resultado la rápida sustitución del material por el tejido óseo. En cambio, el Al_2O_3 tiene escasa reactividad química, la liberación de iones y el cambio de pH son casi imperceptibles, no se integra al tejido anfitrión y aun después de miles de horas de exposición al medio fisiológico la única respuesta biológica posible es el encapsulamiento del biomaterial. Los vidrios y vitrocerámicos bioactivos exhiben un comportamiento intermedio entre bioinerte y bioabsorbibles. Esto se debe a que su superficie reactiva provee sitios de enlace

para los componentes proteicos de los tejidos duros y blandos que intervienen en la adherencia tisular. A su vez, exclusivamente en el tejido óseo, liberan iones de calcio, fosfato y silicio, que promueven la nucleación de hidroxiapatita y estimulan la proliferación de hueso sobre la superficie del implante.

La combinación de los biocerámicos referidos con una fase orgánica da origen a los biocomposites, que potencian las propiedades de cada fase del sustituto óseo. Utilizados ampliamente en los Estados Unidos y Europa, incluyen diferentes tipos de proteínas (colágeno de tipos I y II) y Biopolímeros absorbibles (ácido poliláctico y poliglicólico). Los empleados con mayor frecuencia son hidroxiapatita- β -TCP y hidroxiapatita- colágeno; este último tiene la particularidad de contar con una matriz orgánica, que hace que el biomaterial se asemeje a la estructura original del tejido huésped. A su vez, permite la fijación de factores de crecimiento que estimulan la neoformación del tejido.²⁰

²⁰ (Cristian Alexis Martinez)

25 GUÍA RÁPIDA DE CONSULTA DE LOS BIOMATERIALES SEGÚN SU COMPOSICIÓN Y PROPIEDADES

25.1 Propiedades mecánicas de los biomateriales

MATERIALES	MODULO ELASTICO (Mpa)	RESISTENCIA (Mpa)	DEFORMACION MAXIMA (%)	DENSIDAD (g/cm ³)
POLIMEROS				
Silicona	01—10	06-jul	350-360	1.12-1.23
Nailon	2.800	76	90	1.14
Polietileno UHMW	1.500	34	200-250	0.93-0.94
PMMA	60	60	1--3	1.10-1.23
METALES				
Acero Inoxidable 316 L	200.000	540-620	55-60	7.9
Co-Cr	230.000	900	60	9.2
Ti6A14v	110.000	900	10	4.5
CERAMICOS Y CARBONES				
AL ₂ O ₃	363.000	490	<1	3.9
Carbono Pírolítico	280.000	517	<1	1.5-2.0
Hidroxiapatita	120.000	150	<1	3.2
TEJIDOS				
Piel	0.34/38	7.6	60	1.0
Hueso	17.200	121	1	2.0
Diente	13.800	138	<1	1.9

Tabla 9. Propiedades mecánicas de los Biomateriales.

<http://blog.utp.edu.co/metalografia/2012/07/31/2-propiedades-mecanicas-de-los-materiales/>

25.2 PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS DE LOS BIOCERÁMICOS

		PROPIEDADES FÍSICO - QUÍMICAS		CARACTERÍSTICAS	USOS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
BIOCERÁMICOS	BIOINERTES. No reaccionan apreciablemente con el medio al ser implantada.	Alúmina Óxido de aluminio	Fórmula molecular	Al ₂ O ₃	Resistencia al desgaste y su temperatura de maduración. Se utiliza con alta densidad y pureza a tamaño medio grano ~4µm.	Cabeza de fémur en implantes de cadera (policristalino). Implantes dentales (monocristalino) Tornillos en reconstrucciones maxilofaciales.	
			Estado de agregación	sólido			
			Densidad	3960 kg/m ³ ; 3,96g/cm ³			
			Masa molar	101,96 g/mol			
			Punto de ebullición	3250 K (2977 °C)			
			Punto de fusión	2345 K (2072 °C)			
		Zirconia Óxido de zirconio (IV)	Fórmula	ZrO ₂	Alta estabilidad química y dimensional. excelente resistencia mecánica y tenacidad a la fractura.	Fabricación de cabezas femorales. En Odontología se usa el Zirconio en forma de Óxido de Zirconio o Zirconio para realizar prótesis totalmente cerámicas.	
			Estado de	sólido			
			Apariencia	Polvo blanco, Transparente			
			Densidad	5680 kg/m ³ ; 5,68			
ACTIVOS Se unen directamente al hueso sin formar conexión de tejidos con el medio.	Hidroxiapatita Está formado por fosfato de calcio cristalino (Ca ₁₀ (PO ₄) ₆ (OH) ₂) y representa un depósito del 99% del calcio corporal y 80% del fósforo total.	Fórmula	Ca ₅ (PO ₄) ₃ (OH)	Ausencia de toxicidad local o sistémica, no provocando inflamación o respuesta a cuerpo extraño.	a) Recubrimientos de aceros inoxidables para crecimiento de tejido óseo b) Reconstrucción de Huesos maxilofaciales c) Cabeza de fémur		
		Color	Blanco, gris, amarillo, verde, violeta, púrpura, rojo o marrón				
		Densidad	3,16 g/cm ³				
		Lustre	Vitreo				
		Transparencia	Transparente a translúcido				
		Hábito cristalino	Cristales prismáticos				
		Sistema	Hexagonal,				
		Dureza	5 (Mohs)				
		Tenacidad	Quebradiza				
		Solubilidad	Soluble en HCl				
Composites Contienen 2 o más materiales constituyentes diferentes o fases,	estructura de la alúmina es del corindón	Al ₂ O ₃ /ZrO ₂	Son capaces de actuar de manera sinérgica para dar propiedades superiores a las establecidas por cada componente por separado	Cirugías reconstructivas de injertos óseos Reparación cartilago articular Rellenos óseos Recambios prótesis de cadera y rodilla			
	HAP/TCP/colágeno	Hidroxiapatito					
	cerámica bifásica MAS	FOSFATO DE CALCIO					
BIOABSORBIBLES Al ser implantados se disuelven con el tiempo y son reemplazados gradualmente por el tejido natural.	Biovidrios	Según su composición molar	35-60 mol% en moles de CaO, 5-40% molar Na ₂ O	Bioactivo, se adhiere a los huesos, algunas formulaciones de bonos a los tejidos blandos	Como soporte en la regeneración ósea		
			<35% en moles de SiO ₂	No formadora de vidrio	En Artroplastias no cementadas de cadera		
	Vitrocermicos Mejores propiedades que los vidrios y más fáciles de procesar que los cristalinios	Expansión térmica.	baja	Los hace bioactivos con tejidos blandos y	Elevada resistencia mecánica	Aplicaciones dentales como implantes de diente o	
		Reactividad química	categoría A			osteoinducción	Ayudan al proceso de regeneración ósea.
			categoría B	osteoconducción	Sustituyen el material por hueso nuevo		
		Tiempo de inmersión	24H/10 días	Resistencia a la flexión menor Escasa contracción por el tamaño de partícula da lugar a estructuras predecibles con ajuste marginal aceptable			
	RQD_m2	17 4.76x10⁻⁷					

Tabla 10. Guía Técnica de Propiedades de los Biomaterial.

26 CLASIFICACIÓN DE LOS BIOCERÁMICOS SEGÚN SUS TEMPERATURAS DE PROCESAMIENTO Y COMPOSICIONES

CLASIFICACION DE LOS BIOCERAMICOS SEGÚN SUS TEMPERTURAS DE PROCESAMIENTO Y PRINCIPALES COMPOSICIONES DE LOS MISMOS					
DENOMINACION	T°	INDICACIONES	VENTAJAS	INCONVENIENTES	COMPOSICIÓN EN PORCENTAJE
Alta fusión	1300-1370°	Producción Industria de dientes	>Restencia >Traslucidez <solubilidad soporta muy bien modificaciones repetidas	Gasto energético elevado	
Media Fusión	1100-1300°	Núcleo de elaboración de coronas	<intervalo de fusión <cambio dimensional al enfriar <porosidad superficial <grietas superficiales		Dióxido de silice (64.2%) Óxido bórico (2.8%) Óxido potásico(8,2%) Óxido sódico(1,9%) Óxido de aluminio (19%) Óxido de litio(2,1%) Óxido de Mg(0,5%) Pentóxido de fósforo(0,7%)
Baja fusión	850-1100°	Recubrimiento estético de núcleos aluminosos y técnicas ceramometálicas			Dióxido de silice (64.2%) Óxido bórico (7,5%) Óxido calcio(1,9%) Óxido potásico(8.3%) Óxido sódico (4,8%) Óxido de litio(2,1%) Óxido de aluminio(8,1%)
Muy baja y ultabaja fusión	<850°	Combinación con metales como el titanio. Pequeñas rectificaciones, puntos de contacto, anatomía octusal , ángulos	Mejora las propiedades de las cerámicas de media y baja fusión		
Temperatura ambiente		Procesamiento directo en clínica evitando el laboratorio de prótesis	Evita el laboratorio de prótesis	No se conocen datos a medio plazo	

Tabla 11. Clasificación de los biocerámicos según su temperatura de procesamiento y composición.

27 COMPOSICIÓN Y CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES DE LOS BIOCERÁMICOS

COMPOSICION Y CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES			
Clasificación	Denominación	Compuesto Principal	Características
Cerámicas convencionales	Feldespáticas aluminosas	óxido de aluminio	
Modernas Vitrocerámicas	Cerestore Dicor Hi-ceram In-ceram IPS- Empress Optec.HSP Procera/allceram Cerapeart	Alúmina Vidrio de bario Silice >50% Alúmina leucita Alúmina 67% Silice 20% Alúmina 85% zirconio Alúmina 99% Anhídrido fosfórico	Granos de muy distintos tamaños, métodos de procesamiento muy diversos, mejoría de la resistencia a la flexión

Tabla 12. Composición y características estructurales de los biocerámicos

28 PROPIEDADES QUÍMICAS DE LOS BIOMETALICOS

B I O M E T A L I C O S	☒ ACERO INOXIDABLE ☒ COBALTO ☒ CROMO ☒ TITANIO ANTALIO ☒ ALEACIONES DE NIOBIO	CLASIFICACION		PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS	VENTAJAS	DESVENTAJAS	USOS
		Modo de obtencion permanente en el cuerpo Respuesta del tejido frente al implanta	sinteticos naturales permanente transitorio inertes o biologicamente inactivos bioactivos o biologicamente activos reabsorvibles obiodegradables	☒ Dureza Resistencia Mecánica MALEABILIDAD Ductilidad Tenacidad Plasticidad Conductividad Térmica Conductividad Eléctrica Elevado Coeficiente De Dilatación Fusibilidad Soldabilidad la mas importante es la oxidacion	Resistencia a esfuerzos de alto impacto. Alta resistencia al desgaste Es tan duro como el acero Alta resistencia a la corrosión Mas liviano que el acero Mas resistente que el aluminio	Baja biocompatibilidad Corrosión en medios fisiológicos Alta densidad Perdida de propiedades mecanicas con tejidos conectivos suaves.	Diseños de articulaciones de cadera Piezas dentales Armazones de válvulas cardiacas Arteriosclerosis el dispositivo medico utilizada para hinchar las arterias es una aleación entre titanio-níquel

Tabla 13. Propiedades Químicas y Ventajas de los Biometálicos.

29 BIBLIOGRAFÍA

1. Tecnológica, R. d. (Noviembre/Diciembre de 1998). *La Evolucion del Campo de los Biomateriales* . Recuperado el 14 de Junio de 2014, de www.cienciahoy.org.ar: <http://www.cienciahoy.org.ar/ch/hoy49/biomat01.htm>
2. Abraham, G., Gonzales, M. F., & R, C. T. (1998). La Ciencia y la Ingeniería de los Biomateriales, un desafío interdisciplinario. *Revista de Divulgación Científica y Tecnológica de la Asociación Ciencia Hoy* , 9 (49).
3. Morato, A., & Narváez, I. (Noviembre de 2004). *Ciencias de la Salud el Futuro de los Biomateriales*. (P. Cyan, Ed.) Recuperado el Julio de 2014, de Fundacion OPTI y FENIN: [file:///C:/Users/pc/Downloads/prospectiva_biomateriales%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/pc/Downloads/prospectiva_biomateriales%20(1).pdf)
4. Maria, V. R. (2008). *Biomateriales para reparacion y sustitucion de tejidos*. Recuperado el Julio de 2014, de <http://www.aecientificos.es/empresas/aecientificos/documentos/Biomateriales.pdf>
- 5.6.7. Mafre, F. (2009). Uso de Biomateriales en Medicina Regenerativa, Aspectos Básicos y aplicaciones en el sistema Nervioso. *Trauma Fundación Mafre* , 20 (1).
8. Cahuapaza, F. M. (2011). *Biomateriales Cerámicos*. (slideshare, Ed.) Recuperado el Septiembre de 2014, de <http://es.slideshare.net/favioo/biomateriales-ceramcos>
- 9.10.11. Duffo, G. (2011). *Materiales y Materias Primas Biomateriales*. (M. d. Educacion, Ed.) Recuperado el Septiembre de 2014, de <http://www.inet.edu.ar/wp-content/uploads/2012/11/biometales.pdf>
12. Infante Blanco Rebeca, C. H. (2011). Los Biopolimeros en Medicina. En C. H. Infante Blanco Rebeca, *Los Biopolimeros en Medicina* (págs. 32-45). España: Sapiencia.
13. Blanco, R. I. (2011). *Los polimeros en medicina*. Recuperado el 2014, de Universidad de Sapiencia: <http://www.eis.uva.es/~macromol/curso05-06/medicina/contactenos.htm>
15. Finlay, D. C. (2005). Metodología de empleo de la hidroxiapatita coralina HAP-200 en Ortopedia y Traumatología. *Revista Cubana de Ortopedia y Traumatología* , 2-32.
- 14.17.R Sastre, S. d. (2000). *Biomateriales* . (Editores, Ed.) Recuperado el Septiembre de 2014, de Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. 16. Ravaglioli, A., & Krajewski. (2000). *Bioceramics: Materials, properties and applications*. Chapman & Hall.
- 18.19.20. Cristian Alexis Martinez, A. O. Biomateriales Utilizados en Cirugía ósea. *Asociacion Argentina de Ortopedia Traumatologica* , 77, 140-146.

Gil Albarova J, G. L. (25 de Abril de 2001). *Materiales para la Reparacion Y Sustitucion Osea*. Recuperado el 12 de Junio de 2014, de Cirugia Ortopedica y Traumatologica: <http://sid.usal.es/idocs/F8/ART8661/materiales.pdf>

Wong Y, J. B. (2. WONG Y. JOYCE, BRONZINO D. JOSEPH. Biomateriales. Francia Group: 2007.p2-4 de Agosto de 2007). *Book biomavad*. Recuperado el Julio de 2014, de <http://amt.mui.ac.ir/images/stories/e-book-biomavad/BIOMATERIALS.pdf>

