

1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	Biomateriales.
Clave de la asignatura:	IBC-1004
SATCA¹:	2-2-4
Carrera:	Ingeniería Biomédica

2. Presentación

Caracterización de la asignatura
<p>Esta asignatura aporta al perfil del Ingeniero biomédico el conocimiento para conocer y aplicar los avances tecnológicos de procesamiento de nuevos de materiales de aplicación biológica que pueden funcionar como implantes para mejorar la calidad de vida de un paciente. Esta asignatura se incluye conocer tanto en aspectos físico-químicos y mecánicos como en el nivel biomolecular, tisular y orgánico de los diferentes materiales cerámicos, metálicos, poliméricos y/o compuestos que se pueden emplear, así como los distintos procesos de fabricación de dispositivos y prótesis utilizados para remplazar una parte o una función del cuerpo humano de forma segura, duradera, fisiológicamente compatible y de costo aceptable.</p> <p>Por su contenido, es ideal que esta asignatura se ubique posteriormente a, o al menos simultáneamente con cursos especializados para adquirir destrezas en el diseño y procesamiento de un dispositivo o parte específica y confirmar sus propiedades.</p> <p>Puesto que esta materia finalizará dando aplicaciones prácticas muy particulares, se inserta al final de la trayectoria escolar cuando ya todos los conocimientos sobre los materiales, sus propiedades, y fabricación son conocidos. De manera particular, lo trabajado en esta asignatura se aplica en el estudio de los biomateriales.</p> <p>Tiene relación directa con las asignaturas de bioquímica, química inorgánica, química orgánica, propiedades de los biomateriales, desarrollo sustentable, anatomía y fisiología I y II.</p>
Intención didáctica
<p>La asignatura se organiza en cinco temas describen los contenidos conceptuales relacionados con los principios fundamentales de los biomateriales y en un segundo tema al sexto se presentan los principales tipos de biomateriales de acuerdo a su naturaleza, su</p>

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

propiedades y aplicaciones potenciales.

En el primer tema, se abordan los conceptos básicos de los biomateriales, así como de bioquímica para buscar una visión básica de este campo de estudio dada la relación con la composición del cuerpo humano. De igual manera el alumno entenderá y aplicará conceptos fundamentales de biología celular y biología molecular, conceptos de los fenómenos básicos de operación del ser humano como es la regeneración celular para hacer un tratamiento más significativo, oportuno e integrado de dichos conceptos. Estos conceptos de bioquímica básica y conformación de biomoléculas permiten comprender la conformación, tipos de enlaces, sus reacciones y respuesta sobre los tejidos celulares del sistema óseo en su interacción con materiales usados como implantes.

En el segundo tema se subdivide en siete subtemas enfocados a estudiar, y analizar los conceptos básicos relacionados con el hueso humano, su clasificación, propiedades físicas, químicas y mecánicas. En un cuarto subtema se analiza y discute el mecanismo de regeneración ósea en el cuerpo humano y su importancia frente a la sustitución de este por un biomaterial. Un quinto subtema aborda conceptos de biocompatibilidad y absorción ósea, mecanismo para la formación de nuevo hueso y con el propósito de entender, relacionar y seleccionar el biomaterial potencialmente más apropiado en una aplicación particular. Y en el sexto subtema se discute y se comprende las necesidades de fabricar sustitutos óseos.

En el tercer tema se abordan siete subtemas que estudian conceptos fundamentales de los materiales poliméricos con aplicaciones potenciales en el campo biomédico. El segundo subtema evidencia la importancia de los biopolímeros de alto desempeño y su relación con el cuerpo humano, en un tercer subtema se identifican los diferentes polímeros usados en el campo biomédico, se discuten y analizan los métodos de fabricación, propiedades, ventajas, desventajas de los mismos. Se detectan posibles causas de fallas encontradas durante su procesamiento y vida útil, así como sus aplicaciones más comunes.

El cuarto tema presenta nueve subtemas en los cuales los cinco primeros en los cuales el alumno aprende y diferencia los diferentes tipos de biomateriales metálicos existentes y sus propiedades específicas para una aplicación como implante óseo. El sexto subtema establece las ventajas y desventajas de estos biomateriales. En un sexto subtema comprende y discute y asimila la metodología de procesamiento convencional y no convencional más utilizada en la fabricación de una prótesis ósea y/o dental, posteriormente en un séptimo subtema se busca comprender y aplicar las técnicas de caracterización para conocer las propiedades de unión de superficie, propiedades tribológicas (fricción lubricación y desgaste), su respuesta *in vitro* e *in vivo* y su potencial aplicación de acuerdo a pruebas de degradación de los mismos.

En el quinto tema se abordan cinco subtemas, donde se aprende a relacionar los diferentes

materiales cerámicos de aplicación biomédica, y propiedades, se discute el comportamiento físico, químico y estructural de estos materiales y sus potenciales aplicaciones. En un tercer subtema aprende y asimila las diferentes tecnologías convencionales y de vanguardia para el procesamiento de cerámicos de aplicación biomédica, en el quinto subtema distinguirá las diferentes técnicas características, ventajas y desventajas de aplicación en implantes biomédicos para pacientes. Son identificados los diferentes materiales cerámicos usados, se analizan sus métodos de fabricación, propiedades, ventajas, desventajas, y fallas encontradas durante su fabricación y vida útil, así como sus aplicaciones más comunes.

En el sexto tema se discute y comprende los subtemas relacionados con los diferentes tipos de materiales compuestos de aplicación biomédica, sus propiedades y aplicaciones específicas. Se discutirán y comprenderán las últimas tecnologías de procesamiento y su influencia en las propiedades y aplicaciones. De acuerdo al contenido de estos seis temas, el estudiante debe de aprender a diferenciar los tipos de materiales y sus propiedades, los métodos tecnológicos de vanguardia para el procesamiento de los mismos. También se contempla que adquieran habilidades en determinar la aplicación específica de un material de acuerdo a la estructura, propiedades físicas, químicas y biológicas, en base a ejemplos expuestos en artículos científicos recientes. Asimismo el estudiante aplicará su autonomía, disciplina y conocimiento adquirido para participar en mesas de discusión científica, donde aportará ideas innovadoras de mejoramiento o creación de nuevos biomateriales. El enfoque sugerido para la materia requiere que las actividades de consulta de información extra clase promuevan el desarrollo de habilidades útiles para llevar a cabo la experimentación donde aplique capacidades de identificación, manejo y control de variables y datos relevantes; planteamiento de hipótesis; trabajo en equipo; autonomía en el manejo de un proceso determinado.

El alumno tendrá oportunidad de aplicar y afianzar su habilidad de gestionar y manejar y aplicar la información de manera responsable y objetiva para resolver un problema específico relacionado con la aplicación de un determinado biomaterial.

Para una mayor comprensión el profesor dará explicación del enfoque de cada una de los temas y el alumno afianzará, analizará y complementará cada tema con la consulta, análisis y discusión de artículos científicos del tema en particular, el cual, posteriormente presentará de forma oral y escrita tanto de manera grupal como individual aplicando la capacidad de análisis, de autocrítica, capacidad de organización interpersonal y creatividad, mismas que el profesor podrá evaluar de acuerdo al grado de comprensión del tema y defensa del tema.

3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Evento
Instituto Tecnológico de Mérida del 29 de septiembre al 1 de octubre de 2010.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Apizaco, Ensenada, La Paz, Mérida, Mexicali, Saltillo, San Luis Potosí, Tijuana, Pachuca y Veracruz.	Reunión Nacional de Diseño e Innovación Curricular para el Desarrollo y Formación de Competencias Profesionales de la Carrera de Ingeniería Biomédica.
Instituto Tecnológico de Mérida del 1 al 3 de diciembre de 2010.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Apizaco, Ensenada, La Paz, Mérida, Mexicali, Pachuca, Saltillo, San Luis Potosí, Tijuana y Veracruz.	Reunión Nacional de Consolidación de los Programas en Competencias Profesionales de la Carrera de Ingeniería Biomédica.
Instituto Tecnológico de Mérida del 26 y 27 de octubre de 2011.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Apizaco, Mérida, Pachuca y San Luis Potosí.	
Instituto Tecnológico de Hermosillo del 26 al 29 de noviembre de 2013.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Boca del Río, Hermosillo, Mérida, Orizaba, Purhepecha, Saltillo, Tijuana.	Reunión de Seguimiento Curricular de la Carrera de Ingeniería Biomédica.
Instituto Tecnológico de Toluca, del 10 al 13 de febrero de 2014.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Boca del Río, Celaya, Mérida, Orizaba, Puerto Vallarta y Veracruz.	Reunión de Seguimiento Curricular de los Programas Educativos de Ingenierías, Licenciaturas y Asignaturas Comunes del SNIT.

4. Competencia(s) a desarrollar

Competencia(s) específica(s) de la asignatura
<p>Conocer la estructura, los procesos tecnológicos de síntesis y caracterización, las propiedades físicas, mecánicas, químicas y microbiológicas de un biomaterial. Así como comprender la relevancia social en el desarrollo de los biomateriales, y sus aplicaciones más comunes.</p> <p>El estudiante tendrá la habilidad de analizar y diferenciar los diferentes tipos biomateriales de aplicación biomédica específicas de acuerdo a su estructura, propiedades físicas, químicas, y microbiológicas para la fabricación de un prototipo de simulación de prótesis, sensores, y componentes ortopédicos.</p>

5. Competencias previas

<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aplica los conocimientos básicos de química orgánica e inorgánica. ▪ Aplica los distintos conceptos básicos de los enlaces químicos y extrapola su influencia en las propiedades de los materiales. ▪ Utiliza las técnicas de caracterización estructural e instrumental. ▪ Determina e interpretar las propiedades mecánicas, físicas, y químicas básicas de los diversos materiales. ▪ Utiliza técnicas de software para la preparación de seminarios, presentaciones, reportes e interpretación de propiedades: Excel, Power Point, Word, Kaleidagraph.

6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Introducción a los biomateriales	1.1. Definición, historia, propiedades 1.2. Clasificación de los biomateriales 1.3. Biomoléculas, estructura y propiedades 1.4. Estadísticas sobre el uso de biomateriales en el sector salud en México
2	Fundamentos del hueso humano	2.1. Aspecto fundamentales del hueso humano 2.2. Clasificación del sistema óseo 2.3. Estructura y partes del hueso 2.4. Mecanismos de regeneración y regulación de resorción ósea 2.5. Relaciones estructura-propiedades de materiales biológicos 2.6. Definición de conceptos: materiales biocompatibles, bioactivos, biodegradable, osteointegración, biodegradación 2.7. Necesidades de fabricación de sustitutos óseos

3	Biomateriales poliméricos	<p>3.1. Definición, tipos de polímeros de aplicación biológica</p> <p>3.2. Biopolímeros de alto desempeño</p> <p>3.3. Polímeros verdes</p> <p>3.4. polímeros degradables</p> <p>3.5. Clasificación de polímeros biodegradables</p> <p>3.6. Propiedades de los biopolímeros</p> <p>3.7. Métodos de procesamiento</p> <p>3.7. Aplicaciones de biopolímeros</p>
4	Biomateriales metálicos	<p>4.1. Características y tipos</p> <p>4.2. Aceros inoxidables</p> <p>4.3. Aleaciones base cobalto</p> <p>4.4. Titanio y aleaciones base titanio</p> <p>4.5. Otros metales</p> <p>4.6. Ventajas y desventajas</p> <p>4.7. Propiedades de los biomateriales metálicos y tratamientos biomiméticos</p> <p>4.8 Métodos de procesamiento</p> <p>4.9. Aplicaciones</p>
5	Biomateriales cerámicos	<p>5.1. Conceptos básicos de cerámicos de aplicación biológica</p> <p>5.2. Características y tipos de biocerámicos</p> <p>5.2.1. Óxido de aluminio</p> <p>5.2.2. Óxido de zirconio</p> <p>5.2.3. Fosfatos de calcio</p> <p>5.2.4. Vitrocerámicos</p> <p>5.2.5. Hidroxiapatita, estructura y química</p> <p>5.3. Propiedades de los biocerámicos</p> <p>5.4. Métodos de procesamiento</p> <p>5.5 Aplicaciones</p>
6	Biomateriales compuestos	<p>6.1. Características y tipos de compuestos de aplicación biomédica</p> <p>6.2. Propiedades</p> <p>6.3. Metodologías de procesamiento</p> <p>6.4. técnicas de caracterización y aplicaciones</p>

7. Actividades de aprendizaje de los temas

Introducción a los biomateriales	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Comprende la importancia de los biomateriales, y aprende conceptos básicos de los biomateriales. • Identifica las macromoléculas y su importancia. • Conocer los principales hitos en la historia del desarrollo de los biomateriales. <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desarrolla actividades de investigación • Habilidades de trabajo en grupo e individual • Capacidad de comunicarse con profesionales de otras áreas en lenguaje técnico-científico apropiado 	<p>Realizar actividades de consulta de material de información.</p> <p>Aplica conceptos de química orgánica e inorgánica y bioquímica e investiga artículos relacionados con biomoléculas</p> <p>Utiliza software para la presentación oral y escrita de material de consulta</p>
Fundamentos del hueso humano	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Relaciona la estructura y las propiedades de materiales biológicos naturales y sintéticos. • Identifica los diferentes aspectos relacionados con el hueso, partes y funciones del mismo. • Conoce y diferencia los conceptos de biocompatibilidad, bioactivo, biodegradable, bioabsorción, osteointegración ósea. • Comprende los mecanismos para la formación de hueso. • Identifica las necesidades de fabricar 	<p>Realizar actividades de consulta de material de información.</p> <p>Investigar y discutir en clase los conceptos y partes del hueso, buscando o elaborando diferentes modelos.</p> <p>Con la información de consulta participa en mesas de discusión para el entendimiento de los mecanismos de generación de nuevo hueso en el cuerpo humano ya sea a través</p>

<p>sustitutos óseos.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de análisis y síntesis • Comunicación oral y escrita en su propia lengua • Capacidad de trabajar en equipo interdisciplinario • Habilidades de investigación • Capacidad de comunicarse con profesionales de otras áreas en lenguaje técnico-científico apropiado 	<p>de ejemplos o modelos específicos</p>
<p>Biomateriales poliméricos</p>	
<p>Competencias</p>	<p>Actividades de aprendizaje</p>
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conocer y diferenciar los distintos tipos y las propiedades de los biomateriales poliméricos. • Relacionar la estructura de los materiales poliméricos degradables y no con sus propiedades. • Seleccionar los materiales poliméricos para aplicaciones específicas. • Conocer y analizar los diferentes métodos de procesamiento de biopolímeros • Relacionar las propiedades de algunos biopolímeros usados en implantes y su método de síntesis. <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de análisis y síntesis • Comunicación oral y escrita en su propia lengua y/o en inglés • Capacidad de trabajar en equipo interdisciplinario • Habilidades de investigación 	<p>Realizar actividades de consulta de material de información</p> <p>Realizar una consulta de artículos científicos de forma individual y en grupo relacionado con biopolímero.</p> <p>Presentar oral y escrita del artículo.</p> <p>Discutir y analizar la información presentada, evaluando contenido, profundidad, nivel de entendimiento y defensa a preguntas orales del tema por parte del profesor y de los compañeros.</p> <p>Realizar una presentación oral y escrita relacionada con las propiedades específicas de los biomateriales poliméricos (trabajo de grupo)</p>

Biomateriales metálicos	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conocer y diferenciar los distintos tipos y las propiedades de los biomateriales metálicos y aleaciones. • Relacionar la estructura de los materiales metálicos con sus propiedades, ventajas y desventajas de estos materiales en la industria biomédica. • Seleccionar los materiales metálicos para aplicaciones específicas. • Conocer y analizar los diferentes métodos de procesamiento de biomateriales metálicos y su adaptación a la industria biomédica. • Relacionar las propiedades de algunos biomateriales metálicos usados en implantes y su método de síntesis. <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de análisis y síntesis • Comunicación oral y escrita en su propia lengua y/o en inglés • Capacidad de trabajar en equipo interdisciplinario • Habilidades de investigación 	<p>Realizar actividades de consulta de material de información</p> <p>Realizar una consulta de artículos científicos de forma individual y en grupo relacionado con biomateriales metálicos.</p> <p>Presentar oral y escrita del artículo relacionado con metales.</p> <p>Discutir y analizar la información presentada, evaluando contenido, profundidad, nivel de entendimiento y defensa a preguntas orales del tema por parte del profesor y de los compañeros.</p> <p>Realizar una presentación oral y escrita relacionada con las propiedades específicas de los biomateriales metálicos y aleaciones (trabajo de grupo)</p>
Biomateriales cerámicos	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conocer y diferenciar los distintos tipos y las propiedades de los biomateriales cerámicos y vitrocerámicos. • Relacionar la estructura de los materiales cerámicos con sus propiedades, ventajas y desventajas de estos materiales en la industria biomédica. • Seleccionar los materiales cerámicos 	<p>Realizar actividades de consulta de material de información</p> <p>Realizar una consulta de artículos científicos de forma individual y en grupo relacionado con cerámicos y vitrocerámicos</p> <p>Presentar oral y escrita del artículo.</p> <p>Discutir y analizar la información</p>

<p>para aplicaciones específicas.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conocer y analizar los diferentes métodos de procesamiento de biomateriales cerámicos, vitrocerámicos y su adaptación a la industria biomédica. • Relacionar las propiedades de biomateriales cerámicos usados en implantes y su método de síntesis. <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de análisis y síntesis • Comunicación oral y escrita en su propia lengua y/o en inglés • Capacidad de trabajar en equipo interdisciplinario • Habilidades de investigación • Capacidad de comunicarse con profesionales de otras áreas en lenguaje técnico-científico apropiado 	<p>presentada, evaluando contenido, profundidad, nivel de entendimiento y defensa a preguntas orales del tema por parte del profesor y de los compañeros.</p> <p>Realizar una presentación oral y escrita relacionada con las propiedades específicas de los biomateriales cerámicos y vitrocerámicos (trabajo de grupo)</p>
<p>Biomateriales compuestos</p>	
<p>Competencias</p>	<p>Actividades de aprendizaje</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Específica(s): • Conocer y diferenciar los distintos tipos y las propiedades de los biomateriales compuestos. • Relacionar la estructura de los materiales compuestos con sus propiedades, ventajas y desventajas de estos materiales en la industria biomédica. • Seleccionar los materiales compuestos para aplicaciones específicas. • Conocer y analizar los diferentes métodos de procesamiento de biomateriales cerámicos, vitrocerámicos y su adaptación a la industria biomédica. • Relacionar las propiedades de biomateriales cerámicos usados en implantes y su método de síntesis. <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de análisis y síntesis 	<p>Realizar actividades de consulta de material de información</p> <p>Realizar una consulta de artículos científicos de forma individual y en grupo relacionado con materiales compuestos.</p> <p>Presentar oral y escrita del artículo.</p> <p>Discutir y analizar la información presentada, evaluando contenido, profundidad, nivel de entendimiento y defensa a preguntas orales del tema por parte del profesor y de los compañeros.</p> <p>Realizar una presentación oral y escrita relacionada con las propiedades específicas de los biomateriales compuestos (trabajo de grupo)</p>

<ul style="list-style-type: none"> • Comunicación oral y escrita en su propia lengua y/o en inglés • Capacidad de trabajar en equipo interdisciplinario • Habilidades de investigación • Capacidad de comunicarse con profesionales de otras áreas en lenguaje técnico-científico apropiado 	
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

8. Práctica(s)

Se plantea la realización de prácticas a nivel de laboratorio mediante el desarrollo de un proyecto específico a nivel grupal durante un periodo del desarrollo de la asignatura.

Temas de desarrollo práctico:

1. Síntesis y caracterización de un biomaterial polimérico, mediante la determinación de propiedades físicas, químicas y mecánicas, con la propuesta de una aplicación potencial.
2. Síntesis y caracterización de un biomaterial metálico, mediante la determinación de propiedades físicas, químicas y mecánicas y biomimético, con la propuesta de una aplicación potencial.
3. Síntesis y caracterización de un biomaterial cerámico o vitrocerámico, mediante la determinación de propiedades físicas, químicas y mecánicas, con la propuesta de una aplicación potencial.
4. síntesis y caracterización de un biomaterial compuesto, mediante la determinación de propiedades físicas, químicas y mecánicas, con la propuesta de una aplicación potencial.

Dependiendo del éxito de procesamiento y caracterización del material seleccionado se propone realizar pruebas cortas de bioactividad mediante ensayos biomiméticos con suero fisiológico simulado y con ensayos de los materiales sintetizados en pruebas in vitro (ensayos de RNA,DNA)

9. Proyecto de asignatura

El objetivo del proyecto que planteé el docente que imparta esta asignatura, es demostrar el desarrollo y alcance de la(s) competencia(s) de la asignatura, considerando las siguientes fases:

- **Fundamentación:** marco referencial (teórico, conceptual, contextual, legal) en el cual se fundamenta el proyecto de acuerdo con un diagnóstico realizado, mismo que permite a los estudiantes lograr la comprensión de la realidad o situación objeto de estudio para definir un proceso de intervención o hacer el diseño de un modelo.
- **Planeación:** con base en el diagnóstico en esta fase se realiza el diseño del proyecto por

parte de los estudiantes con asesoría del docente; implica planificar un proceso: de intervención empresarial, social o comunitario, el diseño de un modelo, entre otros, según el tipo de proyecto, las actividades a realizar los recursos requeridos y el cronograma de trabajo.

- **Ejecución:** consiste en el desarrollo de la planeación del proyecto realizada por parte de los estudiantes con asesoría del docente, es decir en la intervención (social, empresarial), o construcción del modelo propuesto según el tipo de proyecto, es la fase de mayor duración que implica el desempeño de las competencias genéricas y específicas a desarrollar.
- **Evaluación:** es la fase final que aplica un juicio de valor en el contexto laboral-profesión, social e investigativo, ésta se debe realizar a través del reconocimiento de logros y aspectos a mejorar se estará promoviendo el concepto de “evaluación para la mejora continua”, la metacognición, el desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo en los estudiantes.

10. Evaluación por competencias

Son las técnicas, instrumentos y herramientas sugeridas para constatar los desempeños académicos de las actividades de aprendizaje.

11. Fuentes de información

1. Gibson, I. (Editor). 2005. Advanced Manufacturing Technology for Medical Applications. Wiley, England. 240 pp. ISBN: 0-470-01688-4
2. Jazemski, M.J., D.J. Trantolo, K. Lewandrowski, V. Hasirci, D.E. Altobelli, y D. L. Wise (Editores). 2004. Biomateriales in Orthopedics. Marcel Dekker, New York, EUA. 547 pp. ISBN: 0-8247-4294-X.
3. Jazemski, M.J., D.J. Trantolo, K. Lewandrowski, V. Hasirci, D.E. Altobelli, y D. L. Wise (Editores). 2004. Biomateriales in Orthopedics. Marcel Dekker, New York, EUA. 547 pp. ISBN: 0-8247-4294-X.
4. J. Park y R.S. Lakes. 2007. Biomaterials, an Introduction. Springer, New York, EUA. 561 pp. ISBN: 978-0-387-37879-4
5. Wong, J.Y y J.D. Bronzino (Editores). 2007. Biomaterials. CRC Press, Florida, EUA. I-10 pp. ISBN: 10: 0-8493-7888-1, ISBN: 13: 978-0-8493-7888-1.
6. Virpi Muhonen, Bone–biomaterial interface, The effects of surface modified NiTi shape memory alloy on bone cells and tissue ISBN 978-951-42-8833-3, ISBN 978-951-42-8834-0 (PDF), 184 pp. 2008. ISSN 1796-2234 (Online)
7. Journal of Composites Science & Direct
8. Composite Materials: Science And Engineering (2nd Ed) (Materials Research And Engineering) Krishan Kumark. Chawla Department Of Materials Editorial: Chapman & Hill
9. Joon Park, *Bioceramics: Properties, Characterizations, and Applications*, Springer, United States of America, 2008. ISBN 978-0-387-09544-8
10. Tadashi Kokubo, *Bioceramics and Their Clinical Applications*, CRC Press, United States of America, 2008. ISBN 978-1-4200-7207-5

11. David K. Platt, *Biodegradable Polymers: Market Report*, Rapra Technology, United Kingdom, 2006. ISBN 1-85957-519-6
12. Rui L. Reis and Julio San Román, *Biodegradable Systems in Tissue Engineering and Regenerative Medicine*, CRC Press, United States of America, 2005. ISBN 0-8493-1936-6
13. Joyce Y. Wong and Joseph D. Bronzino, *Biomaterials*, CRC Press, United States of America, 2007. ISBN 978-0-8493-7888-1
14. Paulo Bártolo and Bopaya Bidanda, *Bio-Materials and Prototyping Applications in Medicine*, Springer, United States of America, 2008. ISBN 978-0-387-47682-7
15. Christoph Leyens and Manfred Peters, *Titanium and Titanium Alloys: Fundamentals and Applications*, Wiley-VCH, Germany, 2003. ISBN 3-527-30534-3
16. Seeram Ramakrishna, Zheng-Ming Huang, Ganesh V. Kumar, Andrew W. Batchelor, and Joerg Mayer, *An Introduction to Biocomposites*, Imperial College Press, Singapore, 2004. ISBN 1-86094-426-4
17. Ramakrishna S, Ramalingam M, Kumar TSS (2010) *Biomaterials: A Nano Approach*. CRC Press.
18. Xian W (2009) *A Laboratory Course in Biomaterials*. CRC Press.
19. Jenkins M (2007) *Biomedical Polymers*. Woodhead Publishing CRC Press.
20. Antonio Ravaglioli, A. Krajewski, *Bioceramics: Materials · Properties · Applications*, Springer London, Limited, 2012, ISBN: 940-1050325, 9789401050326