

1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	Introducción a los Biomateriales
Clave de la asignatura:	MAC-1013
SATCA¹:	2-2-4
Carrera:	Ingeniería en Materiales

2. Presentación

Caracterización de la asignatura

Los biomateriales representan una aplicación de la ingeniería en materiales de un alto impacto social, en tanto que permiten una mayor calidad de vida a las personas. Los avances tecnológicos han permitido mejorar la calidad de los materiales que pueden ser utilizados en implantes y a su vez fabricarlos con propiedades mecánicas, químicas y superficiales que sean adecuadas para sustituir o modificar tejidos orgánicos. Asimismo, nuevos métodos y técnicas, provenientes de diversas disciplinas, facilitan la adquisición de datos, creación de biomodelos y la manufactura rápida de los implantes.

La intención de esta asignatura es que aporte conocimientos suficientes para que el egresado pueda seleccionar los materiales adecuados que potencialmente pueden ser utilizados como implantes médicos; que conozca distintos métodos de fabricación de implantes; que adquiera conocimientos fundamentales sobre la interacción de los tipos de materiales con el cuerpo humano, tanto en aspectos físico-químicos y mecánicos como en el nivel biomolecular, tisular y orgánico.

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.

Para integrarla se ha ubicado después de que el estudiante conoce las técnicas de fabricación, diseño y usos de materiales cerámicos, polímeros, y metálicos, identificando los temas que tienen una mayor aplicación en el quehacer profesional de este ingeniero.

Puesto que la asignatura presenta aplicaciones prácticas muy particulares, se inserta al final de la trayectoria reticular, cuando todos los conocimientos sobre los materiales, sus propiedades y métodos de fabricación son conocidos. De manera particular, lo trabajado en esta asignatura se aplica en el estudio de los temas: biomateriales, implantes metálicos, implantes cerámicos e implantes poliméricos.

Intención didáctica

El estudiante debe ser motivado a conocer por sí mismo, en mayor profundidad que los conocimientos otorgados por la asignatura, los niveles de interacción de los biomateriales con el cuerpo humano, de forma que su cultura general le facilite la interacción con profesionistas del área bioquímica y médica. También debe ser sensibilizado del potencial de aplicación y la importancia de los biomateriales en el país, y la necesidad social de una vida con mayor calidad, en términos de salud personal.

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

La asignatura se organiza en seis temas que 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, sus 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 los mecanismos 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. Otro subtema establece las ventajas y desventajas de estos biomateriales cerámicos, 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 sexto subtema se busca comprender y aplicar las técnicas de procesamiento de compósitos de aplicación biomédica, su 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 y sus 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 la última tecnología 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 autocritica, 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 Estudios Superiores de Ecatepec del 9 al 13 de noviembre de 2009.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Superior de Calkiní, Chihuahua, Superior de Irapuato, Morelia, Saltillo, Superior de Tlaxco y Zacatecas.	Reunión Nacional de Diseño e Innovación Curricular para el Desarrollo y Formación de Competencias Profesionales de las Carreras de Ingeniería en Materiales, Ingeniería Mecánica e Ingeniería Industrial.
Instituto Tecnológico de Zacatecas del 12 al 16 de abril de 2010.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Superior de Calkiní, Chihuahua, Superior de Irapuato, Morelia, Saltillo, Superior de Tlaxco y Zacatecas.	Reunión Nacional de Consolidación de los Programas en Competencias Profesionales de las Carreras de Ingeniería en Materiales, Ingeniería Mecánica e Ingeniería Industrial.
Instituto Tecnológico de Cd. Victoria, del 24 al 27 de junio de	Representantes de los Institutos Tecnológicos de:	Reunión Nacional de Seguimiento Curricular de las

2013.	Cd. Victoria, Chihuahua, Irapuato, Morelia, Querétaro, Saltillo y Zacatecas.	Carreras de Ingeniería en Energías Renovables, Ingenierías en Geociencias, Ingeniería en Materiales y Licenciatura en Biología del Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos.
Instituto Tecnológico de Toluca, del 10 al 13 de febrero de 2014.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Saltillo.	Reunión de Seguimiento Curricular de los Programas Educativos de Ingenierías, Licenciaturas y Asignaturas Comunes del SNIT.

4. Competencia(s) a desarrollar

Competencias específicas de la asignatura

Asocia e identifica la estructura, los procesos tecnológicos de síntesis y caracterización, las propiedades físicas, mecánicas, químicas y microbiológicas de un biomaterial. Comprende la relevancia social en el desarrollo de los biomateriales y sus aplicaciones más comunes. Conoce e interpreta los procesos de fabricación de los biomateriales, sus materias primas y aprende a optimizar los parámetros de procesamiento para obtener un biomaterial de aplicación específica.

5. Competencias previas

- Aplica los conocimientos básicos de química orgánica e inorgánica
- Aplica los conceptos de enlaces químicos y extrapola su influencia en las propiedades de los materiales.
- Determina e interpreta propiedades mecánicas, físicas y químicas básicas de los materiales.
- Demuestra habilidad para relacionar las características fisico-químicas de los materiales con las propiedades mecánicas de los materiales.
- Relaciona las características generales de un material con sus posibles aplicaciones.
- Cita las aplicaciones actuales de los materiales en el campo biomédico.
- Opina sobre las necesidades en innovación y mejoras sobre el empleo de materiales en el ámbito biomédico.

6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Introducción a los biomateriales	1.1 Definición, historia y propiedades. 1.2 Clasificación de los biomateriales 1.3 Biomoléculas, estructura y propiedades. 1.4 Estadística sobre el uso de biomateriales en el sector salud en México
2	Fundamentos del hueso humano	2.1 Aspectos fundamentales del hueso humano 2.2 Estructura y partes del hueso 2.3 Mecanismos de regeneración y regulación de resorción ósea 2.4 Relaciones estructura-propiedades de materiales biológicos

		2.5 Tipos de biomateriales: biocompatibles, bioactivos, biodegradables, osteointegración, biodegradación 2.6 Necesidades de fabricación de sustitutos óseos
3	Biomateriales poliméricos	3.1 Definición, tipos de polímeros de aplicación biológica 3.2 Biopolímeros de alto desempeño 3.3 Polímeros verdes 3.4 polímeros degradables 3.5 Clasificación de polímeros biodegradables 3.6 Propiedades de los biopolímeros 3.7 Métodos de procesamiento 3.8 Aplicaciones de biopolímeros
4	Biomateriales metálicos	4.1 Características y tipos 4.2 Aceros inoxidable 4.3 Aleaciones base cobalto 4.4 Titanio y aleaciones base titanio 4.5 Otros metales 4.6 Ventajas y desventajas 4.7 Propiedades de los biomateriales metálicos y tratamientos biomiméticos 4.8 Métodos de procesamiento 4.9 Aplicaciones
5	Biomateriales cerámicos	5.1 Conceptos básicos de cerámicos de aplicación biológica 5.2 Características y tipos de biocerámicos 5.2.1. Óxido de aluminio 5.2.2. Óxido de zirconio 5.2.3. Fosfatos de calcio 5.2.4. Vitrocerámicos 5.2.5. Hidroxiapatita, estructura y química 5.3 Propiedades de los biocerámicos 5.4 Métodos de procesamiento 5.5 Aplicaciones
6	Biomateriales compuestos	6.1 Características y tipos de compuestos de aplicación biomédica 6.2 Propiedades 6.3 Metodologías de procesamiento 6.4 Técnicas de caracterización y aplicaciones

7. Actividades de aprendizaje de los temas

Introducción a los biomateriales	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica: Identifica las propiedades de los biomateriales para establecer las relaciones entre la estructura y las propiedades de materiales biológicos naturales</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de investigación. • Habilidad para buscar, procesar y analizar información. • Capacidad de comunicación oral y escrita en forma apropiada. 	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar y discutir en clase las propiedades fundamentales que requieren los materiales para poder ser insertados en el cuerpo humano sin causar mayores problemas que los que pretende resolver. • Elabora un mapa mental con la clasificación de los materiales y sus principales características. • Analizar y discutir artículos relacionados con biomoléculas. • Elaborar una sinopsis de los hitos en la historia del desarrollo de los biomateriales y compartir en clase. • Investiga en diferentes fuentes el uso actual de los biomateriales en México. • Realizar una búsqueda en la localidad, y solicitar a personal médico, distintos implantes para crear una colección y catálogo escolar de los mismos.
Fundamentos del hueso humano	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica: Conoce las características del hueso humano con la finalidad de seleccionar los materiales cuyas características sean compatibles con él.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de investigación. • Habilidad para buscar, procesar y analizar información. • Capacidad de comunicación oral y escrita en forma apropiada. • Capacidad de análisis y síntesis. 	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar en fuentes adecuadas la estructura y las propiedades de materiales biológicos naturales y sintéticos y con ello elaborar un ensayo. • Identificar y exponer en plenaria los diferentes aspectos relacionados con el hueso, partes y funciones del mismo. • Conocer y diferenciar los conceptos de biocompatibilidad, bioactivo, biodegradable, bioabsorción, osteointegración ósea. • Comprender los mecanismos para la formación de hueso. • Identificar las necesidades de fabricar sustitutos óseos. • Realizar una búsqueda en la localidad, y solicitar a personal médico, distintos implantes para crear una colección y catálogo escolar de los mismos.

Biomateriales poliméricos	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica: Clasifica los tipos y las propiedades de los biomateriales poliméricos para relacionarlos con la estructura y propiedades de algunos polímeros usados en implantes y su método de síntesis.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de investigación. • Habilidad para buscar, procesar y analizar información. • Capacidad de trabajo en equipo interdisciplinario. • Comunicación oral y escrita en su propia lengua y en inglés. 	<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. • Realizar una investigación sobre los biomateriales poliméricos y elaborar un resumen de su estructura química, propiedades y aplicaciones biomédicas. Presentarlo y discutirlo en clase por equipos de trabajo. • Elaborar, por equipos, la guía de una práctica de laboratorio cuyo objetivo sea la síntesis de un tipo de polímero para implante. • Realizar una consulta de artículos científicos de forma individual y en grupo relacionado con biomateriales metálicos presentar de forma oral y escrita.
Biomateriales metálicos	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica: Clasifica los tipos y las propiedades de los biomateriales metálicos para relacionarlos con la estructura y propiedades de algunos polímeros usados en implantes y su método de síntesis.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de investigación. • Habilidad para buscar, procesar y analizar información. • Capacidad de trabajo en equipo interdisciplinario. • Comunicación oral y escrita en su propia lengua y en inglés. 	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar 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, elaborar un cuadro comparativo con la información obtenida • 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. • Identificar y relacionar las propiedades de algunos biomateriales metálicos usados en implantes y su método de síntesis.

	<ul style="list-style-type: none"> Realizar una consulta de artículos científicos de forma individual y en grupo relacionado con biomateriales metálicos presentar de forma oral y escrita.
Biomateriales cerámicos	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica: Clasifica los tipos y las propiedades de los biomateriales cerámicos para relacionarlos con la estructura y propiedades de algunos polímeros usados en implantes y su método de síntesis.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Capacidad de investigación. Habilidad para buscar, procesar y analizar información. Capacidad de trabajo en equipo interdisciplinario. Comunicación oral y escrita en su propia lengua y en inglés. 	<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 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. Realizar una consulta de artículos científicos de forma individual y en grupo relacionado con biomateriales metálicos presentar de forma oral y escrita.
Biomateriales compuestos	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica: Clasifica los tipos y las propiedades de los biomateriales compuestos para relacionarlos con la estructura y propiedades de algunos polímeros usados en implantes y su método de síntesis.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Capacidad de investigación. Habilidad para buscar, procesar y analizar información. Capacidad de trabajo en equipo interdisciplinario. Comunicación oral y escrita en su propia lengua y en inglés. 	<ul style="list-style-type: none"> 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 compuestos y su adaptación en la industria biomédica. Relacionar las propiedades de biomateriales compuestos usados en implantes y su método de síntesis. Realizar una investigación sobre los biomateriales poliméricos y elaborar un

	<p>resumen de su estructura química, propiedades y aplicaciones biomédicas. Presentarlo y discutirlo en clase por equipos de trabajo.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elaborar, por equipos, la guía de una práctica de laboratorio cuyo objetivo sea la síntesis de un tipo de polímero para implante. • Realizar una consulta de artículos científicos de forma individual y en grupo relacionado con biomateriales metálicos presentar de forma oral y escrita.
--	---

8. Prácticas

<ul style="list-style-type: none"> • Síntesis y caracterización de un biomaterial polimérico, mediante la determinación de propiedades físicas, químicas y mecánicas, con la propuesta de una aplicación potencial. • 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. • 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. • Síntesis y caracterización de un biomaterial compuesto, mediante la determinación de propiedades físicas, químicas y mecánicas, con la propuesta de una aplicación potencial. • Realizar pruebas de biocompatibilidad de biomateriales. • Sintetizar apatita e hidroxiapatita. • Caracterizar biomateriales con equipo de laboratorio. • Evaluar las propiedades mecánicas de prótesis basadas en biomateriales.
--

9. Proyecto de asignatura

<p>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:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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

Para evaluar las actividades de aprendizaje se recomienda solicitar: reportes de prácticas, reportes de visitas a centros de investigación, mapas conceptuales, problemarios, cuestionarios y exámenes.

Para verificar el logro de las competencias del estudiante se recomienda utilizar:

Exámenes, Portafolio de evidencias, Lista de cotejo, Matrices de valoración y Rúbricas.

11. Fuentes de información

1. Gibson, I. (2005). *Advanced Manufacturing Technology for Medical Applications*. Wiley, England. ISBN: 0-470-01688-4
2. Jazszemski, 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. ISBN: 0-8247-4294-X.
3. Jazszemski, M.J., D.J. Trantolo, K. Lewandrowski, V. Hasirci, D.E. Altobelli, y D. L. Wise (2004). *Biomateriales in Orthopedics*. Marcel Dekker, New York, EUA. 547 pp. ISBN: 0-8247-4294-X.
4. Park, J. y Lakes, R.S. (2007). *Biomaterials, an Introduction*. Springer, New York, EUA. ISBN: 978-0-387-37879-4
5. Wong, J., y J.D. Bronzino. J.D. (2007). *Biomaterials*. CRC Press, Florida, EUA. 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. Park, J. (2008). *Bioceramics: Properties, Characterizations, and Applications*, Springer, United States of America, ISBN 978-0-387-09544-8
10. Tadashi Kokubo, (2008). *Bioceramics and Their Clinical Applications*, CRC Press, United States of America, ISBN 978-1-4200-7207-5
11. Platt, K. (2006) *Biodegradable Polymers: Market Report*, Rapra Technology, United Kingdom, ISBN 1-85957-519-6
12. Reis, R.L. y San Román, J. (2005), *Biodegradable Systems in Tissue Engineering and Regenerative Medicine*, CRC Press, United States of America, ISBN 0-8493-1936-6
13. Wong, J. y Bronzino, J. D. (2007) *Biomaterials*, CRC Press, United States of America, ISBN 978-0-8493-7888-1
14. Bártolo, P. y Bidanda, B. (2008) *Bio-Materials and Prototyping Applications in Medicine*, Springer, United States of America, ISBN 978-0-387-47682-7
15. Leyens, C. y Peters, M. (2003). *Titanium and Titanium Alloys: Fundamentals and Applications*, Wiley-VCH, Germany, ISBN 3-527-30534-3
16. Ramakrishna, S. Zheng-Ming Huang, Kumar, G., Batchelor, A.W. y Mayer, J. (2004) *An Introduction to Biocomposites*, Imperial College Press, Singapore. ISBN 1-86094-426-4
17. Ramakrishna, S., Ramalingam, M., Kumar, T.S.S. (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. Ravaglioli, A., Krajewski, A., (2012) *Bioceramics: Materials Properties Applications*, Springer London, Limited, ISBN: 940-1050325, 9789401050326