



Máster en Ingeniería Biomédica 69313 - Nanoterapia

Guía docente para el curso 2015 - 2016

Curso: , Semestre: , Créditos: 3.0

Información básica

Profesores

- **Manuel Arruebo Gordo** arruebom@unizar.es
- **Jesús Martínez De la Fuente** jmfuente@unizar.es
- **Victor Sebastián Cabeza** victorse@unizar.es

Recomendaciones para cursar esta asignatura

Las asignaturas:

- Nanobiomedicina: Fundamentos y Aplicaciones (3 ECTS)
- Nanoterapia (3 ECTS)
- Nanodiagnóstico (3 ECTS)

Son asignaturas secuenciales y se recomienda cursarlas en sucesión si se desea tener una visión experta y específica de las aplicaciones de las nanoestructuras en el campo biomédico. La nanomedicina, como aplicación de la nanotecnología al desarrollo de nuevos sistemas de diagnóstico y terapia, así como a la mejora de los existentes, ha sido señalada como una prioridad tanto de las agendas estratégicas de los países OCDE como de países emergentes, de ahí su gran interés e importancia. Su implantación se enfoca hacia la mejora en la calidad del servicio al paciente, permitiendo avanzar hacia una tecnología sanitaria más personalizada, con un nivel de coste asumible, ofreciendo productos competitivos y de alto valor añadido. Dichos tres cursos ofrecen una visión del campo lo más exhaustiva posible.

Si se desea simplemente tener una visión global del campo de la nanobiomedicina sin entrar en detalle en saber cómo la nanomedicina es ya una realidad que está produciendo avances en el diagnóstico, la prevención y el tratamiento de las enfermedades bastaría con cursar el curso introductorio: "Nanobiomedicina: Fundamentos y Aplicaciones (3 ECTS)" pero si se desea profundizar en el campo y realizar prácticas de laboratorio relacionadas con las aplicaciones Biomédicas habría que cursar las tres asignaturas. Esta es una de las asignaturas de especialización que está centrada en el uso de los Nanomateriales en Terapia, concretamente en el Suministro Localizado de Fármacos.

Los profesores encargados de impartir la docencia pertenecen a las áreas de Ingeniería Química y de Química Orgánica.

El idioma de impartición de las clases es el inglés (o si hay consenso entre los alumnos, el castellano).

Actividades y fechas clave de la asignatura

La asignatura se imparte en el segundo cuatrimestre. Entre las principales actividades previstas se encuentran la exposición de los contenidos teóricos, la realización de prácticas de laboratorio y la realización de trabajos prácticos tutorizados relacionados con los contenidos de la asignatura así como desarrollar exposiciones públicas.

Las fechas de inicio y fin de las clases teóricas, así como las fechas de realización de las prácticas de laboratorio y las pruebas de evaluación global serán las fijadas por la Escuela de Ingeniería y Arquitectura y publicadas en la página web del master (<http://www.masterib.es>). Las fechas de entrega y seguimiento de los trabajos prácticos tutorizados se darán a conocer con suficiente antelación en clase y en la página web de la asignatura en el anillo digital docente, <https://moodle.unizar.es/> > (o bien en el servidor Alfresco del Master).

Inicio

Resultados de aprendizaje que definen la asignatura

El estudiante, para superar esta asignatura, deberá demostrar los siguientes resultados...

- 1:**
Ser capaz de elaborar una memoria científicamente válida desarrollando uno de los ejemplos descritos durante el curso sobre Materiales y Dispositivos empleados actualmente en Nanociencia o Nanotecnologías específicamente en el campo de la Nanoterapia.
- 2:**
El estudiante superando esta asignatura adquiere un conocimiento específico en el campo de las Aplicaciones Biomédicas de la Nanociencia específicamente en el campo de la Nanoterapia, partiendo de aprender a sintetizar dichos nanomateriales, a caracterizarlos y a aplicarlos en terapia y en diagnóstico. La exigencia en el trabajo solicitado para superar la asignatura es tal que un trabajo meramente divulgativo sin valor científico no es admisible.
- 3:**
El alumno es capaz de manejar la terminología básica del campo de la Nanoterapia, entiende los conceptos y es capaz de relacionarlos. Ha aprendido a sintetizar en el laboratorio nanomateriales para aplicaciones en Nanoterapia. Es capaz de ver en el contexto global de las aplicaciones Biomédicas la importancia y el papel que desempeña la Nanoterapia. Es capaz de hacer exposiciones públicas de trabajos científicos y de realizar evaluaciones críticas sobre los mismos.

Introducción

Breve presentación de la asignatura

El objetivo de este curso es el de ilustrar al alumno sobre las distintas aplicaciones nanobiotecnológicas en terapia, su nivel de desarrollo y sus principales ventajas y desventajas comparadas con las técnicas terapéuticas actuales. Es un curso de especialización continuación del curso introductorio: Nanobiomedicina: Fundamentos y Aplicaciones. Se describirán las distintas aproximaciones utilizadas actualmente para localizar fármacos allí donde la terapia sea necesaria empleando nanopartículas. Serán revisados los conocimientos básicos en el desarrollo del suministro localizado de fármacos desde sus orígenes hasta la descripción de los fármacos comercializados actualmente basados en nanopartículas. También se instruirá al alumno con conocimientos básicos de la fisiología humana para la mejor comprensión de las distintas vías de administración de fármacos, haciendo hincapié en el destino de las nanopartículas dentro del organismo una vez administradas.

El alumno realizará una práctica de laboratorio que consiste en la síntesis de nanopartículas magnéticas y de su estabilización en medios orgánicos y acuosos para poder ser utilizadas potencialmente en terapia (hipertermia magnética) o en diagnóstico (sensores magnéticos o concentración magnética de analitos)

Esta asignatura optativa forma parte de especialidad en *Biomecánica y Biomateriales Avanzados*.

Contexto y competencias

Sentido, contexto, relevancia y objetivos generales de la asignatura

La asignatura y sus resultados previstos responden a los siguientes planteamientos y objetivos:

La asignatura y sus resultados previstos responden a los siguientes planteamientos y objetivos:

La materia consta de 3 créditos ECTS o 75 horas de trabajo del alumno.

Los objetivos primordiales son mostrar al alumno como la nanotecnología está contribuyendo al desarrollo de nuevos sistemas terapéuticos, así como a la mejora de los existentes. Se mostrarán ejemplos actuales de cómo dicha Ciencia y los equipos tecnológicos que se derivan de ella están permitiendo mejorar la calidad del servicio al paciente, permitiendo avanzar hacia una tecnología sanitaria más personalizada, con un nivel de coste asumible, ofreciendo productos competitivos y de alto valor añadido.

Desde el punto de vista de la terapia, en primer lugar se describirá la aparición del suministro localizado de fármacos empleando nanopartículas como una nueva técnica terapéutica que minimiza los inconvenientes de las terapias habituales. Los conceptos fundamentales para entender los mecanismos de difusión de los fármacos en el organismo serán revisados. Se detallarán las técnicas de síntesis y caracterización de las nanopartículas empleadas en el suministro localizado de fármacos. Las aplicaciones de las nanopartículas se describirán de acuerdo con las distintas vías fisiológicas por las que se pueden suministrar los fármacos.

El temario interconecta con la materia de Diseño de prótesis e implantes y con Biomateriales, así como con Sistemas de imagen médica (Tecnologías de captación de imágenes médicas), ya que se suministran localizadamente fármacos desde dispositivos implantados directamente en el organismo. Del mismo modo, los Biomateriales buscan en muchas de sus aplicaciones biomédicas la oseointegración, y en consecuencia, el suministro localizado de fármacos es una herramienta a utilizar (i.e., encapsulando factores de crecimiento). Está relacionada con la asignatura: Fundamentos de anatomía y biología celular de la cual muchos aspectos son necesario conocer para entender bien la parte de Biosensores. En la parte terapéutica la asignatura Tecnologías Ópticas en Biomedicina también sería complementaria.

La asignatura tendrá la siguiente temática:

Tema 1. Generalidades. Aplicaciones generales, suministro localizado de fármacos y de genes, hipertermia magnética u óptica, ingeniería de tejidos.

Tema 2. Historia del suministro localizado de fármacos. Adsorción y desorción de fármacos en materiales micro y mesoporosos nanoestructurados y en matrices poliméricas. Conceptos básicos de las vías de suministro de los fármacos (oral o parenteral). Encapsulación o enlazado covalente de fármacos a nanovectores (i.e., dendrímeros, polímeros dendríticos). Funcionalización de las nanopartículas. Evasión del sistema retículo-endotelial. Síntesis de materiales orgánicos (micelas, liposomas, dendrímeros, etc.) e inorgánicos (basados en sílice, titania, etc.). Biomimetismo.

Tema 3. Terapia génica. Historia de la terapia génica. Introducción a la terapia génica: qué es, qué enfermedades trata, mecanismos de acción, tipos de utilizados en terapia génica.

Tema 4. Materiales utilizados en el suministro localizado de fármacos. Aplicaciones de las nanopartículas orgánicas en el suministro localizado de fármacos. Dendrímeros, polímeros dendríticos, micelas, liposomas. Polímeros que responden a estímulos externos: Polímeros fotosensibles, termosensibles, dependientes del pH, etc. Aplicaciones de las nanopartículas inorgánicas en el suministro localizado de fármacos. Partículas compuestas por materiales micro y mesoporosos nanoestructurados. Microcápsulas y microesferas. Geles de sílice biodegradables.

Tema 5: Aplicaciones de nanopartículas en teragnóstico. Se introducirá el uso de distintos tipos de nanopartículas como trazadores in vivo (MRI, tomografía fluorescente, sonoacústica, etc.). También se presentaran ejemplos del uso de estos materiales con la doble finalidad de diagnóstico y la terapia (liberación controlada de fármacos, terapia génica, etc.) también conocida como capacidad de teragnóstico. Se hará hincapié en cuanto a las barreras que las NPs van a tener que enfrentarse según su ruta de administración y que es necesario tener en cuenta para poder lograr desarrollar nanosistemas teragnósticos realmente eficaces.

Tema 6. Selectividad. Localización del fármaco allí donde la terapia es necesaria empleando estrategias activas y pasivas. Técnicas pasivas utilizando la fisiología natural del organismo. Técnicas activas: suministro localizado de fármacos mediante interacciones físicas (magnetismo, luz, ultrasonidos, etc.) o mediante interacciones biológicas. Suministro localizado de fármacos mediante conjugación con biomoléculas reconocedoras o sobre-expresadas. Interacciones lectina-carbohidrato, ligando-receptor, y antígeno-anticuerpo.

Tema 7. Farmacocinéticas y farmacodinámicas. Análisis de los distintos requerimientos toxicológicos y análisis de biocompatibilidad para llegar desde la síntesis de un fármaco basado en nanopartículas hasta su comercialización. Distintas técnicas analíticas e instrumentales (i.e., marcado isotópico) para evaluar la difusión del fármaco conjugado a nanopartículas en el organismo, evaluación de efectos colaterales. Descripción de distintos fármacos empleados en el suministro localizado basado en nanopartículas y su psicología. Inconvenientes de muchos fármacos (hidrofilicidad, hidrofobicidad, solubilidad, etc.)

Contexto y sentido de la asignatura en la titulación

Las aplicaciones basadas en Nanociencia representan unas de las de mayor auge económico de toda la Industria farmacéutica. Creemos que dentro del campo de la Ingeniería Biomédica el conocimiento de alguna de las aplicaciones Biomédicas de la Nanociencia será de mucha proyección futura. Dicho conocimiento permitirá que el estudiante pueda conocer un área novedosa y de gran auge e impacto que puede revolucionar la medicina clásica.

Los conocimientos adquiridos en la titulación sobre imagen médica y los fundamentos de anatomía y biología celular, materiales en general y biomateriales en particular contribuyen a facilitar el aprendizaje.

Al superar la asignatura, el estudiante será más competente para...

- 1:** Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación (CB. 6)
- 2:** Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio (CB.7)
- 3:** Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimiento y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios (CB.8)
- 4:** Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades (CB.9)
- 5:** Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo (CB.10)
- 6:** Poseer las aptitudes, destrezas y método necesarios para la realización de un trabajo de investigación y/o desarrollo de tipo multidisciplinar en cualquier área de la Ingeniería Biomédica (CG.1)
- 7:** Ser capaz de usar las técnicas, habilidades y herramientas de la Ingeniería necesarias para la resolución de problemas del ámbito biomédico y biológico (CG.2)
- 8:** Ser capaz de comprender y evaluar críticamente publicaciones científicas en el ámbito de la Ingeniería Biomédica (CG.3)
- 9:** Ser capaz de aprender de forma continuada y desarrollar estrategias de aprendizaje autónomo (CG.4)
- 10:** Ser capaz de gestionar y utilizar bibliografía, documentación, legislación, bases de datos, software y hardware

específicos de la ingeniería biomédica (CG.5)

11:

Ser capaz de analizar, diseñar y evaluar soluciones a problemas del ámbito biomédico mediante conocimientos y tecnologías avanzadas de biomecánica, biomateriales e ingeniería de tejidos (CO.3)

Importancia de los resultados de aprendizaje que se obtienen en la asignatura:

El estudiante puede ampliar el abanico de posibilidades que su formación le brinda tras terminar el master al “descubrir” las posibilidades multidisciplinares que la Nanociencia ofrece en el campo de la Nanoterapia. Así como poder aplicar su formación a la Industria Farmacéutica, Biotecnológica, etc.

La importancia de los resultados de aprendizaje diseñados para esta asignatura radica en poder demostrar conocimientos básicos en uno de los campos de mayor proyección actual en el campo de la Bioingeniería, los Biomateriales, la Medicina Personalizada y las aplicaciones Biomédicas.

Evaluación

Actividades de evaluación

El estudiante deberá demostrar que ha alcanzado los resultados de aprendizaje previstos mediante las siguientes actividades de evaluación

1:

EVALUACIÓN CONTINUA

Si el alumno opta por evaluación continua:

A1: Trabajo personal:

El alumno es capaz de elaborar una memoria científicamente válida desarrollando un artículo científico de revisión sobre alguno de los ejemplos o aplicaciones descritas durante el curso.

El estudiante superando esta asignatura adquiere un conocimiento básico en el campo de las Aplicaciones Biomédicas de la Nanociencia, así como un aprendizaje más específico en el Suministro Localizado de Fármacos y en el de Biosensores mediante la elaboración de dicho trabajo de revisión. La exigencia en el trabajo solicitado para superar la asignatura es tal que un trabajo meramente divulgativo sin valor científico no es admisible.

El profesor propondrá a cada uno de los alumnos matriculados un tema relacionado con la temática del curso y lo más próximo posible a los intereses del alumno teniendo en cuenta sus tareas profesionales o proyecto de tesis que estuviera desarrollando (si procede).

El trabajo tendrá que tener la estructura de un artículo de divulgación científica de revisión con la siguiente estructura:

-Título

-Autor

-Resumen del trabajo: Sin exceder las 250 palabras deberá ser una descripción concisa del material presentado en el trabajo y sus implicaciones.

-Introducción: Tendrán que ser 1 ó 2 párrafos, de 250 a 750 palabras cada uno definiéndose e introduciéndose el tópico del trabajo.

-Revisión del estado del arte: No hay límite en cuanto al número de palabras. Dicho apartado describirá los avances más recientes en el campo sobre el que se está haciendo dicha revisión científica, haciendo hincapié

en aquellos avances que hayan supuesto un gran impulso al área, las direcciones a seguir en este campo y las aplicaciones que se prevén para los próximos años.

-Conclusiones: Resumen de las conclusiones clave que se obtienen de dicha revisión. De 1 a 2 párrafos con un total de 250 a 750 palabras.

-Bibliografía: Citas bibliográficas que son mencionadas en el texto.

El alumno expondrá también públicamente el trabajo personal desarrollado. La exposición pública tendrá una duración aproximada de 10 min por alumno.

El alumno realizará una práctica de laboratorio que consiste en la síntesis de nanopartículas magnéticas y de su estabilización en medios orgánicos y acuosos para poder ser utilizadas potencialmente en terapia (hipertermia magnética) o en diagnóstico (sensores magnéticos o concentración magnética de analitos)

Además del trabajo de revisión el alumno realizará un examen tipo test que constará de 5 preguntas y que englobarán conceptos básicos de las materias tratadas durante el curso (una de las cuestiones versará específicamente sobre las prácticas realizadas).

Criterio de evaluación:

Modalidad presencial (asistencia a clase de >80%):

El trabajo de revisión será evaluado de 0 a 5 dependiendo de cómo el alumno haya descrito el estado del arte actual en el tópico elegido así como la calidad de su visión personal sobre dicho campo. No se trata de hacer una revisión mencionando todos y cada uno de los avances en el área sino tener una visión general mencionando aquellos que hayan tenido un impacto y mencionando qué líneas de investigación futuras y en qué líneas van a dirigir los esfuerzos de los investigadores en los próximos años. Se valorará específicamente la opinión personal de cada alumno sobre el tópico en cuestión. Se valorará también la exposición pública realizada.

A2: Examen con cuestiones teóricas:

El examen se evaluará de 0 a 5 en virtud de las respuestas válidas obtenidas.

La nota del examen computará en un 50% de la nota final del alumno. La nota del trabajo de revisión junto con la exposición pública computará con el 50% restante de la nota final.

Si el alumno suspende el examen teórico pero aprueba el trabajo personal, éste último se guardará hasta Septiembre.

2: EVALUACIÓN GLOBAL

Si el alumno opta por esta modalidad tendrá derecho a un examen de evaluación global. Dicho examen se evaluará de 0 a 10 y representará la nota final de la asignatura.

Actividades y recursos

Presentación metodológica general

El proceso de aprendizaje que se ha diseñado para esta asignatura se basa en lo siguiente:

Dentro de estas clases magistrales se invitará a un experto externo en la materia para dar una visión general sobre el campo de la terapia génica y de la hipertermia.

A01 Al resto de actividades (incluidos trabajos tutorados, evaluaciones, prácticas, exposiciones públicas y estudio personal) le corresponden 49 horas.

A02 Clase magistral participativa (26 horas). Exposición por parte del profesor de los principales contenidos de la asignatura. Esta actividad se realizará en el aula de forma presencial.

A1 Realización de trabajos prácticos de aplicación o investigación.

El profesor propondrá a cada uno de los alumnos matriculados un tema relacionado con la temática del curso y lo más próximo posible a los intereses del alumno teniendo en cuenta sus tareas profesionales o proyecto de tesis que estuviera desarrollando (si procede).

El trabajo tendrá que tener la estructura de un artículo de divulgación científica de revisión con la siguiente estructura:

-Título

-Autor

-Resumen del trabajo: Sin exceder las 250 palabras deberá ser una descripción concisa del material presentado en el trabajo y sus implicaciones.

-Introducción: Tendrán que ser 1 ó 2 párrafos, de 250 a 750 palabras cada uno definiéndose e introduciéndose el tópic del trabajo.

-Revisión del estado del arte: No hay límite en cuanto al número de palabras. Dicho apartado describirá los avances más recientes en el campo sobre el que se está haciendo dicha revisión científica, haciendo hincapié en aquellos avances que hayan supuesto un gran impulso al área, las direcciones a seguir en este campo y las aplicaciones que se prevén para los próximos años.

-Conclusiones: Resumen de las conclusiones clave que se obtienen de dicha revisión. De 1 a 2 párrafos con un total de 250 a 750 palabras.

Bibliografía: Citas bibliográficas que son mencionadas en el texto.

El alumno expondrá públicamente durante 10 min el trabajo desarrollado durante el mismo al resto de la clase.

A3: Tutoría. Horario de atención personalizada al alumno con el objetivo de revisar y discutir los materiales y temas presentados en las clases teóricas.

A4: Evaluación. Pruebas escrita teórica. El detalle se encuentra en la sección correspondiente a las actividades de evaluación

A5: Prácticas. El alumno realizará una práctica de laboratorio que consiste en la síntesis de nanopartículas magnéticas y de su estabilización en medios orgánicos y acuosos para poder ser utilizadas potencialmente en terapia (hipertermia magnética) o en diagnóstico (sensores magnéticos o concentración magnética de analitos)

Actividades de aprendizaje programadas (Se incluye programa)

El programa que se ofrece al estudiante para ayudarle a lograr los resultados previstos comprende las siguientes actividades...

- 1:** Generalidades. Aplicaciones generales, suministro localizado de fármacos y de genes, hipertermia magnética u óptica, ingeniería de tejidos
- 2:** Historia del suministro localizado de fármacos. Adsorción y desorción de fármacos en materiales micro y mesoporosos nanoestructurados y en matrices poliméricas. Conceptos básicos de las vías de suministro de los fármacos (oral o parenteral). Encapsulación o enlazado covalente de fármacos a nanovectores (i.e., dendrímeros, polímeros dendríticos). Funcionalización de las nanopartículas. Evasión del sistema retículo-endotelial. Síntesis de materiales orgánicos (micelas, liposomas, dendrímeros, etc.) e inorgánicos (basados en sílice, titania, etc.). Biomimetismo.
- 3:** Terapia génica. Historia de la terapia génica. Introducción a la terapia génica: qué es, qué enfermedades trata, mecanismos de acción, tipos de utilizados en terapia génica.
- 4:**

Materiales utilizados en el suministro localizado de fármacos. Aplicaciones de las nanopartículas orgánicas en el suministro localizado de fármacos. Dendrimeros, polímeros dendríticos, micelas, liposomas. Polímeros que responden a estímulos externos: Polímeros fotosensibles, termosensibles, dependientes del pH, etc. Aplicaciones de las nanopartículas inorgánicas en el suministro localizado de fármacos. Partículas compuestas por materiales micro y mesoporosos nanoestructurados. Microcápsulas y microesferas. Geles de sílice biodegradables.

- 5:** Aplicaciones de nanopartículas en teragnóstico. Se introducirá el uso de distintos tipos de nanopartículas como trazadores in vivo (MRI, tomografía fluorescente, sonoacústica, etc.). También se presentaran ejemplos del uso de estos materiales con la doble finalidad de diagnóstico y la terapia (liberación controlada de fármacos, terapia génica, etc.) también conocida como capacidad de teragnóstico. Se hará hincapié en cuanto a las barreras que las NPs van a tener que enfrentarse según su ruta de administración y que es necesario tener en cuenta para poder lograr desarrollar nanosistemas teragnósticos realmente eficaces.
- 6:** Selectividad. Localización del fármaco allí donde la terapia es necesaria empleando estrategias activas y pasivas. Técnicas pasivas utilizando la fisiología natural del organismo. Técnicas activas: suministro localizado de fármacos mediante interacciones físicas (magnetismo, luz, ultrasonidos, etc.) o mediante interacciones biológicas. Suministro localizado de fármacos mediante conjugación con biomoléculas reconocedoras o sobre-expresadas. Interacciones lectina-carbohidrato, ligando-receptor, y antígeno-anticuerpo.
- 7:** Farmacocinéticas y farmacodinámicas. Análisis de los distintos requerimientos toxicológicos y análisis de biocompatibilidad para llegar desde la síntesis de un fármaco basado en nanopartículas hasta su comercialización. Distintas técnicas analíticas e instrumentales (i.e., marcado isotópico) para evaluar la difusión del fármaco conjugado a nanopartículas en el organismo, evaluación de efectos colaterales. Descripción de distintos fármacos empleados en el suministro localizado basado en nanopartículas y su psicología. Inconvenientes de muchos fármacos (hidrofilicidad, hidrobobicidad, solubilidad, etc.)
- 8:** El alumno realizará prácticas de síntesis de nanomateriales.

Planificación y calendario

Calendario de sesiones presenciales y presentación de trabajos

Las fechas de inicio y fin de las clases teóricas y de problemas, así como las fechas de realización de las prácticas de laboratorio y las pruebas de evaluación global serán las fijadas por la Escuela de Ingeniería y Arquitectura y publicadas en la página web del master (<http://www.masterib.es>). Las fechas de entrega y seguimiento de los trabajos prácticos tutorizados se darán a conocer con suficiente antelación en clase y en la página web de la asignatura en el anillo digital docente, <https://moodle.unizar.es/> > (o bien en el servidor Alfresco del Master).

Las sesiones prácticas se realizarán en los laboratorios del Instituto de Nanociencia de Aragón (INA) en el Edificio I+D del Campus del Rio Ebro, calle Mariano Esquillor S/N (primer módulo izquierdo, segunda planta). El día y horario se convendrá entre todos los participantes sin alterar su participación en otras materias del trimestre.

Bibliografía

Bibliografía y Recursos

- Nanobiotechnology Inorganic Nanoparticles vs Organic Nanoparticles. Edited by Jesus M. de la Fuente and V. Grazu. ISSN: 1876-2778; ISBN: 978-0-12-415769-9
- Nanocarriers as an emerging platform for cancer therapy. Por: Peer, Dan; Karp, Jeffrey M.; Hong, SeungPyo; et ál.. NATURE NANOTECHNOLOGY Volumen: 2 Número: 12 Páginas: 751-760 Fecha de publicación: DEC 2007
- Gold nanoparticles in nanomedicine: preparations, imaging, diagnostics, therapies and toxicity. Por: Boisselier, Elodie; Astruc, Didier. CHEMICAL SOCIETY REVIEWS Volumen: 38 Número: 6 Páginas: 1759-1782 Fecha de publicación: 2009
- Multifunctional Magnetic Nanoparticles: Design, Synthesis, and Biomedical Applications. Por: Gao, Jinhao; Gu, Hongwei; Xu, Bing. ACCOUNTS OF CHEMICAL RESEARCH Volumen: 42 Número: 8 Páginas: 1097-1107 Fecha de publicación: AUG 2009
- Gold nanoparticles: interesting optical properties and recent applications in cancer diagnostic and therapy. Por: Huang, Xiaohua; Jain, Prashant K.; El-Sayed, Ivan H.; et ál.. NANOMEDICINE Volumen: 2 Número: 5 Páginas: 681-693 Fecha de

publicación: OCT 2007

- Nanomedicine-Challenge and Perspectives. Por: Riehemann, Kristina; Schneider, Stefan W.; Luger, Thomas A.; et ál.. ANGEWANDTE CHEMIE-INTERNATIONAL EDITION Volumen: 48 Número: 5 Páginas: 872-897 Fecha de publicación: 2009

Referencias bibliográficas de la bibliografía recomendada