

INGENIERÍA DE PROTEÍNAS

Curso 2016-2017

MÓDULO	MATERIA	CURSO	SEMESTRE	CRÉDITOS	TIPO
Bioteconológico	Ingeniería de proteínas	4	8º	6	Optativa
PROFESOR(ES)			DIRECCIÓN COMPLETA DE CONTACTO PARA TUTORÍAS (Dirección postal, teléfono, correo electrónico, etc.)		
Hilario Ramírez Rodrigo			Dpto. Bioquímica y Biología Molecular I, Facultad de ciencias. Hilario Ramírez Rodrigo: hilario@ugr.es		
			HORARIO DE TUTORÍAS		
			Lunes, martes y miércoles, de 11:00 a 13:00. Facultad de Ciencias, Edificio de Biología, Planta 4ª, despacho nº4.		
GRADO EN EL QUE SE IMPARTE			OTROS GRADOS A LOS QUE SE PODRÍA OFERTAR		
Grado en Bioquímica Grado en Biotecnología			Biología, Químicas, Farmacia, Medicina y Físicas		
PRERREQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES (si procede)					
<p>1.- Tener cursadas las asignaturas de</p> <ul style="list-style-type: none"> • Contenido matemático y estadístico • Contenido informático y bioinformático • Bioquímica y Biología Molecular • Estructura de Biomacromoléculas <p>2.- Tener conocimientos suficientes de lengua inglesa para la lectura comprensiva de textos científicos.</p>					
BREVE DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS (SEGÚN MEMORIA DE VERIFICACIÓN DEL GRADO)					
<ul style="list-style-type: none"> • Métodos de análisis estructural, predicción y diseño de proteínas. • Hidrofobicidad y predicción de la topología básica. • Predicción de la estructura secundaria y del plegamiento. • Alineamiento de proteínas. Identificación de motivos estructurales. Métodos matriciales. • Predicción mediante homología estructural. Mapas de distancia. • Mutagénesis dirigida y expresión de proteínas recombinantes. Diseño combinatorial de proteínas. 					



COMPETENCIAS GENERALES Y ESPECÍFICAS

Transversales/genéricas: CT4,CT6,CT7 y CT9

CT4.- Tener capacidad de aprendizaje y trabajo autónomo.

CT6.- Saber reconocer y analizar un problema, identificando sus componentes esenciales, y planear una estrategia científica para resolverlo.

CT7.- Saber utilizar las herramientas informáticas básicas para la comunicación, la búsqueda de información, y el tratamiento de datos en su actividad profesional.

CT9.- Saber comunicar información científica de manera clara y eficaz, incluyendo la capacidad de presentar un trabajo, de forma oral y escrita, a una audiencia profesional, y la de entender el lenguaje y propuestas de otros especialistas.

Específicas: CE1, CE3, CE4, CE8, CE24, CE25, CE26

CE1.- Entender las bases físicas y químicas de los procesos biológicos, así como las principales herramientas físicas, químicas y matemáticas utilizadas para investigarlos.

CE3.- Comprender los principios básicos que determinan la estructura molecular y la reactividad química de las biomoléculas sencillas.

CE4.- Comprender los principios que determinan la estructura de las macromoléculas biológicas (incluyendo proteínas y ácidos nucleicos), así como de los complejos supramoleculares biológicos, y ser capaz de explicar las relaciones entre la estructura y la función.

CE8.- Comprender las bases bioquímicas y moleculares del plegamiento, modificación postraduccional, tráfico intracelular, localización subcelular y recambio de las proteínas celulares.

CE24.- Poseer las habilidades matemáticas, estadísticas e informáticas para obtener, analizar e interpretar datos, y para entender modelos sencillos de los sistemas y procesos biológicos a nivel celular y molecular.

CE25.- Saber buscar, obtener e interpretar la información de las principales bases de datos biológicos (genómicos, transcriptómicos, proteómicos, metabolómicos y similares derivados de otros análisis masivos) y de datos bibliográficos, y usar las herramientas bioinformáticas básicas.

CE26.- Tener capacidad para plantear y resolver cuestiones y problemas en el ámbito de la Bioquímica y Biología Molecular a través de hipótesis científicas que puedan examinarse empíricamente.

TEMARIO DETALLADO DE LA ASIGNATURA

TEMARIO TEÓRICO

Parte I. Métodos de análisis estructural, predicción y diseño de proteínas.

- 1. Bases conceptuales y metodológicas del rediseño y modificación funcional de las proteínas: implementación y fases de un proyecto tipo de ingeniería de proteínas. El paradigma básico: predicción, diseño racional y determinación experimental de la estructura de las proteínas. Alcance y limitaciones de los diferentes métodos.***
- 2. Plegamiento, estructura nativa y estabilidad de péptidos y proteínas: interacciones implicadas en la estabilización conformacional de las cadenas polipeptídicas. Modelos de plegamiento: criterios cinéticos y termodinámicos. Factores coadyuvantes del plegamiento.***



3. **Aplicación de métodos teóricos y computacionales a la modelización estructural y diseño racional de proteínas.** Bases de datos secuenciales y estructurales y recursos "online". Acceso y utilización de PIR, SwissProt y Protein Data Bank.
4. **Cartografía e infografía molecular de proteínas.** Diagramación y proyección cartesiana de coordenadas atómicas. Cálculo de distancias, ángulos de enlace y ángulos de torsión. Transformaciones geométricas en el espacio tridimensional: matrices de traslación, rotación y escalamiento. Estereodiagramas.
5. **Superficie funcional y textura superficial de las proteínas.** Radios de Van der Waals, superficies accesibles y superficies de contacto. Descripciones numéricas y analíticas de superficies. Proyecciones en redes. Teselación. Mapas de distancias. Medidas de complejidad superficial.

Parte II. Hidrofobicidad y predicción de la topología básica. Predicción de la estructura básica y del plegamiento

6. **Hidrofobicidad.** Perfiles hidrofóbicos y métodos de predicción y diseño basados en medidas de hidrofobicidad residual. Análisis topológico de proteínas integrales de membrana. Predicción y diseño de determinantes antigénicos. Análisis secuencial de flexibilidad. Diseño de secuencias "líder" y de canalización celular de proteínas recombinantes.
7. **Análisis de periodicidad estructural.** Distribución axial de hidrofobicidad a lo largo de la secuencia y su significado topogénico: análisis predictivo de anfipatía axial. Momentos hidrofóbicos. Análisis espectrales de Fourier. Diagramas de Stroud. Momentos de variabilidad.
8. **Análisis predictivo y diseño de elementos estructurales secundarios de proteínas: Conceptos y algoritmos básicos.** Criterios de asignación de elementos secundarios en estructuras conocidas. Secuencias determinantes de patrones de plegamiento. Diseño de elementos supersecundarios.

Parte III. Alineamiento de proteínas. Identificación de motivos estructurales. Métodos matriciales.

9. **Identificación y diseño de elementos estructurales y funcionales a partir de motivos secuenciales.** Descripciones "lineales" de motivos secuenciales: PROSITE. Descripciones y métodos matriciales. Perfiles de Griskov. Concepto y medida de la "distancia" entre residuos isotópicos de secuencias homólogas. La matriz de Dayhoff y otras matrices de distancia.
10. **Técnicas de alineamiento y análisis de homología entre secuencias polipeptídicas.** Algoritmo de Needleman-Wunch. Índices de similitud y parámetros relacionados. Generalización del algoritmo de Needleman-Wunch: alineamiento múltiple de proteínas. Alineamientos globales y locales. Dendrogramas y árboles filogenéticos.



Parte IV. Predicción mediante homología estructural. Mapas de distancia.

11. **Modelización estructural mediante homología.** Alineamiento estructural de proteínas. Superposición de sólidos rígidos y métodos basados en medidas de desviación cuadrática media (RMSD). Ajuste de regiones estructuralmente conservadas (SCRs). Asignación estructural de regiones variables.
12. **Análisis conformacional de proteínas: métodos variacionales de minimización de energía y mecánica molecular ("force-fields").** Métodos de convergencia para el cálculo de potenciales. Problemática de los factores entrópicos y la simulación del disolvente.
13. **Simulación dinámica molecular.** Barreras conformacionales. Estrategias de calentamiento y equilibrado. Análisis combinado simulación dinámica-minimización. Compresibilidad.
14. **Métodos de reconocimiento heurístico y clasificación asociados al diseño racional de proteínas.** Métodos heurísticos basados en datos previos ("knowledge-based"). Memorias asociativas y redes neuronales. Algoritmos genéticos y métodos evolutivos. Métodos de clasificación ("clustering"). Los sistemas CATCH, SCOP y FSSP de clasificación estructural de proteínas.
15. **Diseño de ligandos y fármacos.** Interacción proteína-ligando. Análisis conformacional de moléculas no enlazadas ("docking"). Docking proteína-ligando y proteína-proteína. Métodos de evaluación estructura-función. QSAR. [Tema opcional a desarrollar por los alumnos]

Parte V. Mutagénesis dirigida y expresión de proteínas recombinantes. Diseño combinatorial de proteínas.

16. **Mutagénesis dirigida por oligonucleótidos.** Métodos de selección "in vivo": "gapped duplex", "single primer", "coupled priming". Métodos de selección "in vitro": Método de Eckstein. Métodos basados en el empleo de la PCR. Estrategias de mutagénesis sistemática: "cassete mutagénesis". Mutagénesis completa aleatoria. Vectores específicos para mutagénesis y secuenciación. [Tema opcional a desarrollar por los alumnos]
17. **Sistemas de expresión de alto rendimiento.** Optimización de promotores y mensajeros en procariontes. Proteínas de fusión y proteínas nativas. Purificación y estabilidad de proteínas y clones recombinantes. Secreción de proteínas recombinantes. Expresión de alto rendimiento en eucariotas: sistema de expresión mediante baculovirus. Modificaciones post-transcripcionales. Producción a escala industrial. [Tema opcional a desarrollar por los alumnos]
18. **Librerías combinatoriales de péptidos sintéticos.** Síntesis, barrido y verificación estructural. Librerías de exposición en fago ("phage display"). en vectores de M13. Estrategias de reconocimiento y selección ("panning") de fagos recombinantes. Sistemas de transcripción y



traslación "in vitro". Síntesis química de genes. [Tema opcional a desarrollar por los alumnos]

19. **Diseño y modelización funcional de proteínas y enzimas.** Inducción de plegamiento mediante restricciones estructurales. Estabilización funcional mediante enlaces disulfuro. Rediseño de centros catalíticos y reguladores. Modificación de la especificidad catalítica de una enzima. Estudio detallado de algunos modelos experimentales. [Tema opcional a desarrollar por los alumnos]
20. **Aplicaciones de la ingeniería de proteínas: investigación básica, diseño de fármacos y aplicaciones nanotecnológicas.** Aplicaciones de la IP al análisis del plegamiento y de la estabilidad estructural y funcional de proteínas. Aplicaciones al estudio de mecanismos de catálisis enzimática. Aplicaciones al diseño de fármacos y al desarrollo de terapias génicas e inmunotóxicas. Aplicaciones en el campo de la bionanotecnología. [Tema opcional a desarrollar por los alumnos]

TEMARIO PRÁCTICO

- A. Métodos computacionales.-** A lo largo de la asignatura se propondrán y resolverán, de manera sistemática, problemas y casos prácticos de predicción estructural y diseño que tendrán que ser resueltos con ayuda del ordenador y del software específico en cada caso. Se prevé, para ello, la utilización, vía red, de la infraestructura existente en el Centro de Informática de la Universidad de Granada, y el empleo tanto de software preexistente "online" como de diversos programas y herramientas básicas que serán desarrolladas por los alumnos en el entorno de programación adecuado.
1. Acceso, búsqueda y adquisición de datos secuenciales y estructurales de proteínas. Localización de herramientas y recursos relativos a bioinformática estructural de proteínas. Adquisición y manejo de software específico sobre temas definidos.
 2. Desarrollo de algoritmos de reconocimiento y análisis de formatos estándares de datos: formato EMBL, PIR, Swiss-Prot y PDB. Formatos de alineamientos de secuencias.
 3. Software estándar de visualización de proteínas. Lenguajes de comandos y generación de scripts. Visualización de ficheros generados mediante herramientas propias desarrolladas por el alumno.
 4. Determinación de parámetros geométricos en estructuras nativas de proteínas: cálculo de distancias, ángulos de enlaces y ángulos de torsión mediante hojas de cálculo y programas "ad hoc".
 5. Transformaciones espaciales de las representaciones 3D de las proteínas. Cálculo de traslaciones, escalamientos y giros mediante hojas de cálculo y otras herramientas informáticas. Obtención de estéreo-diagramas y proyecciones en el plano. Técnicas de "clipping".
 6. Estudio predictivo de la estructura secundaria y la topología básica de proteínas de membrana mediante perfiles hidrofóbicos. Aplicación a la predicción de determinantes antigénicos y al análisis de flexibilidad.
 7. Cálculo de potenciales hidrofóbicos y análisis de anfipatía axial de proteínas. Desarrollo de una herramienta informática para el cálculo del espectro de potencias de Fourier de un perfil hidrofóbico.



8. *Alineamiento de secuencias peptídicas. Comparación de algoritmos globales y locales. Estudio de las matrices de similitud. Investigación del comportamiento de los parámetros ajustables del modelo.*
9. *Sistemas de búsqueda de secuencias homólogas en bases de datos: FASTA, BLAST, BLITZ, etc. Ejercicios prácticos.*
10. *Análisis de similitud estructural. Desarrollo de una herramienta informática sencilla para el cálculo de RMSD. Reconocimiento de plegamientos estructurales. Alineamiento estructural de proteínas con FSSP y Dali. Métodos de homología estructural: el servidor ExPASy.*
11. *Ejemplos de aplicación de memorias asociativas y algoritmos genéticos en el reconocimiento de patrones estructurales, la predicción y el rediseño de proteínas.*
12. *Ejemplo de aplicación de algoritmos de "Docking" proteína-ligando al diseño racional de fármacos frente a dianas de naturaleza proteica.*

BIBLIOGRAFÍA

Textos fundamentales

- "Protein Structure: A Practical Approach". T. E. Creighton. 2nd edition. Oxford University Press. 2^a edición (1997)
- "Protein Engineering and Design". Sheldon Park and Jennifer Cochran. CRC Press. 1^a edición (2009)
- "Protein Bioinformatics: An Algorithmic Approach to Sequence and Structure Analysis". Inqvar Eidhammer, Inge Jonassen and William R. Taylor. Wiley. 1^a edición (2004)
- "Bioinformatics: Sequence and Genome Analysis, Second Edition". David. W. Mount. Cold Spring Harbor Laboratory Press; 2^a edición (2004).
- "Structural Bioinformatics: An Algorithmic Approach". Forbes J. Burkowski. Chapman and Hall/CRC Eds.; 1^a edición (2008).

Referencias complementarias

- "Computational Structural Biology: Methods and Applications". Torsten Schwede and Manuel C. Peitsch. World Scientific Publishing Company. 1^a edición (2008).
- "An Introduction to Bioinformatics Algorithms (Computational Molecular Biology)". Neil C. Jones and Pavel A. Pevzner. The MIT Press (2004).
- "Bioinformatics". Andrzej Polanski and Marek Kimmel. Springer. 1^a edición (2007).
- "Protein families and their evolution. A structural perspective". Christine A. Orengo and Janet M. Thornton *Annu. Rev. Biochem.* 2005. 74:867–900.
- "Protein Geometry: Volumes, Areas, and Distances". M Gerstein, F M Richards (2001) *International Tables for Crystallography* (Volume F, Chapter 22.1.1, pages 531-539; M Rossmann & E Arnold, editors).
- "Visual software tools for bioinformatics". Timothy Arndt. *Journal of Visual Languages and Computing & Computing*, 19 (2008) 291–301



- “Recognizing the fold of a protein structure”. Andrew Harrison¹, Frances Pearl, Ian Sillitoe, Tim Slidel, Richard Mott, Janet Thornton, and Christine Orengo. *Bioinformatics*, 19:14 (2003), 1748–1759.
- “Quantifying the Similarities within Fold Space”. Andrew Harrison, Frances Pearl, Richard Mott, Janet Thornton, and Christine Orengo. *J. Mol. Biol.* (2002) 323, 909–926.
- Protein families and their evolution: A structural perspective. Christine A. Orengo and Janet M. Thornton. *Annu. Rev. Biochem.* 2005. 74:867–900.
- “An Integrated Approach to the Analysis and Modeling of Protein Sequences and Structures. I. Protein Structural Alignment and a Quantitative Measure for Protein Structural Distance”. An-Suei Yang and Barry Honig. *J. Mol. Biol.* (2000) 301, 665-678.

ENLACES RECOMENDADOS

<http://www.rcsb.org/pdb/home/home.do> (Protein Data Bank)
<http://www.ebi.ac.uk/Tools/> (European Bioinformatics Institute –EBI)
<http://www.embl.de/services/index.html> (European Molecular Biology Laboratory – EMBL)
<http://us.expasy.org/tools/> (ExPASy Proteomics Server)

METODOLOGÍA DOCENTE

La metodología docente y métodos de evaluación que se proponen a continuación para la impartición de esta materia está fundamentada por la experiencia acumulada de trece años consecutivos de experiencia con la asignatura de igual título y semejantes contenidos que se impartió en la Licenciatura de Bioquímica, desde la que se ha adaptado la presente propuesta.

Partiendo de que se trata de una materia que ha experimentado un extraordinario impulso durante las apenas tres décadas de su existencia y teniendo en cuenta su marcado sesgo metodológico y experimental de carácter fuertemente multidisciplinar, la enseñanza de esta materia, esencialmente orientada hacia la investigación básica y aplicada, se articula en torno a tres pivote metodológicos fundamentales:

- La información y los materiales docentes seleccionados para su discusión y trabajo en las clases presenciales serán de carácter eminentemente práctico y resolutivo: el alumno será enfrentado a una serie sucesiva de problemas y actividades de complejidad creciente que deberá ir resolviendo a lo largo del curso, dentro de los propios espacios presenciales, bajo la dirección atenta del profesor y empleará para ello las herramientas metodológicas y conceptuales que el profesor irá intercalando, siempre con la intencionalidad explícita de resolver las tareas propuestas. De este modo los contenidos de clase serán percibidos por el alumno como piezas cercanas de información útil y necesaria para poder completar las tareas específicas que se le han encomendado. Comprenderá que debe asimilar e integrar la información de un modo esencialmente práctico y operativo –útil- más que como un conjunto de datos, argumentos y conceptos que debe memorizar o aplicar para la resolución de supuestos problemas distantes en un futuro profesional aún no definido. Comprenderá, finalmente, que el tipo de comprensión que se le pide ha de ser resolutiva



en tanto que las tareas que tiene por delante han de ser resueltas de forma inmediata.

- Una proporción muy alta de los materiales y contenidos seleccionados para su discusión en clase se refieren a predicción estructural de proteínas, diseño racional, desarrollo e implementación de algoritmos bioinformáticos, utilización de software “online” específico para análisis estructural de proteínas e investigación y consulta de los recursos de la Web. Para que todos estos contenidos produzcan en el alumno la pretendida sensación de inmediatez y cercanía en cuanto a su utilidad o aplicabilidad, las clases presenciales se articularán en su totalidad como talleres experimentales de trabajo en la consola del ordenador o, eventualmente, como sesiones de laboratorio. A cada alumno se asignará una proteína o familia de proteínas sobre la que realizará todo el trabajo del curso. De este modo, aunque las actividades propuestas sean comunes a todos los alumnos de clase, cada uno de ellos deberá referir individualmente su trabajo y sus resultados a la proteína que le ha sido previamente asignada. De este modo se potencia la colaboración y el trabajo coordinado del grupo (“todos realizan las mismas tareas”) pero se preserva la integridad del trabajo individual sobre el que pivotará, más tarde, la evaluación del rendimiento de cada alumno (“cada alumno debe referir sus resultados a la proteína asignada”).
- Los Temas 15 al 20 serán considerados temas avanzados de investigación y podrán ser desarrollados en seminarios opcionales a impartir por los alumnos.

PROGRAMA DE ACTIVIDADES

Primer cuatrimestre	Temas del temario	Actividades presenciales		Actividades no presenciales				
		Sesiones teóricas y Talleres presenciales (horas)	Exposiciones y seminarios (horas)	Tutorías individuales (horas)	Tutorías colectivas (horas)	Estudio y trabajo individual del alumno (horas)	Trabajo en grupo (horas)	Etc.
Semana 1	1	4		0.2	4	1		
Semana 2	2	4		0.2		2		
Semana 3	3	4		0.2	4	2		
Semana 4	4	4		0.2	4	2		
Semana 5								
Semana 6	5	4		0.2	2	2		
Semana 7	6	4		0.2	4	2		



Semana 8	7	4		0.2	4	2		
Semana 9	8	4		0.2	2	2		
Semana 10	9	4		0.2	2	3		
Semana 11	10	4		0.2	2	3		
Semana 12	11	4		0.2	4	3		
Semana 13	12	4		0.2	4	3		
Semana 14	13	4		0.2	4	3		
Semana 15	14	4		0.2	4	4		
Semana 16			4 (Seminarios opcionales Temas 15 al 20)	0.2	5	4		
Total horas		56/60	4/60	3/90	49/90	38/90		

EVALUACIÓN (INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN, CRITERIOS DE EVALUACIÓN Y PORCENTAJE SOBRE LA CALIFICACIÓN FINAL, ETC.)

EVALUACIÓN CONTINUA

Convocatoria Ordinaria:

La evaluación de la materia se realizará, en primer lugar, sobre la base de la calidad de los resultados individuales obtenidos por el alumno para la proteína que le fue asignada. Para ello, el alumno elaborará un cuaderno electrónico de actividades (preferentemente en formato html) en el que consignará sus resultados. Para la realización de este cuaderno, su presencia activa en los talleres presenciales tendrá una importancia crucial, convirtiéndose así estos últimos en mecanismos auto-evaluativos del progreso alcanzado: las tareas que se resuelven en clase son análogas a las propuestas para la elaboración del cuaderno y, por tanto, indicativas del grado de maduración del alumno. Al final del curso el alumno habrá consultado bibliografía especializada, resuelto problemas numéricos, interpretado resultados experimentales, empleado programas de ordenador y recursos Web, elaborado estrategias de diseño estructural de proteínas, implementado algoritmos predictivos y redactado informes breves o revisiones bibliográficas sobre aspectos puntuales de la asignatura. La elaboración, con todo ello, del correspondiente cuaderno de actividades y su preceptiva presentación, al final del curso, constituirá la base de la evaluación de la asignatura, junto con su participación en las tareas presenciales y el desarrollo, en su caso, de seminarios opcionales. La presentación del cuaderno ante el profesor al final (y a lo largo del curso) y su correspondiente debate ante el profesor tendrá la consideración formal de prueba oral. Su evaluación supondrá el 80% de la nota final. Los contenidos e



informes del cuaderno de actividades prácticas y la eventual participación del alumno en los seminarios opcionales se ponderarán como 20% restante de la calificación final de la asignatura. La tabla siguiente recoge las competencias evaluadas por cada instrumento de evaluación:

INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN	PONDERACIÓN (%)	COMPETENCIAS
Cuaderno de actividades	20	CB1-CB5, CG1-CG8, CT9 CE1, CE3, CE4, CE8, CE24, CE25, CE26
Prueba oral	80	Iguales que la anterior, mas las siguientes: CT4, CT6, CT7, CT9

Convocatoria Extraordinaria:

En Convocatoria Extraordinaria la evaluación de la materia se realizará de manera idéntica a la Convocatoria Ordinaria, dentro de los plazos y límites establecidos a tal efecto

EVALUACIÓN ÚNICA FINAL

"De acuerdo con la Normativa de Evaluación y de Calificación de la Universidad de Granada (NCG71/2), se contempla la realización de una evaluación única final bajo las siguientes condiciones:

1. La evaluación única final, entendiéndose por tal la que se realiza en un solo acto académico, podrá incluir cuantas pruebas sean necesarias para acreditar que el estudiante ha adquirido la totalidad de las competencias descritas en la Guía Docente de la asignatura.
2. Para acogerse a la evaluación única final, el estudiante, en las dos primeras semanas de impartición de la asignatura, lo solicitará al Director del Departamento, quienes darán traslado al profesorado correspondiente, alegando y acreditando las razones que le asisten para no poder seguir el sistema de evaluación continua. Transcurridos diez días sin que el estudiante haya recibido respuesta expresa y por escrito del Director del Departamento, se entenderá que ésta ha sido desestimada. En caso de denegación, el estudiante podrá interponer, en el plazo de un mes, recurso de alzada ante el Rector, quién podrá delegar en el Decano o Director del Centro, agotando la vía administrativa.
3. El estudiante que se acoja a esta modalidad de evaluación, en las titulaciones correspondientes, deberá realizar las prácticas de carácter experimental según la programación establecida en la Guía Docente de la asignatura."

La evaluación única final se realizará en un solo acto académico el día de la convocatoria oficial de examen para la asignatura y el alumno podrá elegir entre dos opciones: una de las opciones consistirá en una prueba escrita, que se evaluará entre 0 y 10 e incluirá preguntas relativas al contenido de los temarios teórico y práctico. Como segunda opción, el alumno podrá presentar un cuaderno de actividades análogas a las trabajadas en clase (cuya relación se hará accesible a todos los alumnos inscritos en la asignatura al comienzo del curso). En este caso, el alumno debatirá con el profesor, en



prueba oral, sobre el contenido de su trabajo. Esta prueba será evaluada como 80% de la calificación final. El 20% restante de la evaluación se hará en base al contenido y los informes del Cuaderno de Actividades presentado por el alumno.

SISTEMA DE CALIFICACIONES

El sistema de calificaciones se expresará mediante calificación numérica de acuerdo con lo establecido en el art. 5 del R. D 1125/2003, de 5 de septiembre, por el que se establece el sistema europeo de créditos y el sistema de calificaciones en las titulaciones universitarias de carácter oficial y validez en el territorio nacional.

INFORMACIÓN ADICIONAL

Última actualización: 01-09-2016

